تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات



صورة الغلاف : خطوات تقييم الفاصوليا لمقاومة مرض عفن الجذور الجاف (الفيوزارى) .

تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات

تأليف

أ. د. احمد عبد المنعم حسن

الأستاذ بكلية الزراعة - جامعة القاهرة
دكتوراه الفلسفة فى تربية الخضر من جامعة كورنل
بالولايات المتحدة الأمريكية
والحائز على
جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية
ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى
من جمهورية مصر العربية

١٩٩٤



الدار العربية للنشر والتوزيع

• حقوق النشر

تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات

الطبعة الأولى يناير ١٩٩٣

I. S. B. N. : 977 - 258 - 048 - 9

رقم الإيداع ٨٢٩٨ / ٩٣

٣٢ ش عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة

ت ٢٦٢٥١٥٢ – ٢٦٢٣٣٧٧

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية فى بلادنا يومًا بعد يوم ، ولاشك أنه فى الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التى طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ، ولا ريب فى أن إذلال لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافى وفكرى للأمة نفسها ، الأمر الذى يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالًا ونساءً ، طلابًا وطالبات ، علماء ومثقفين ، مفكرين وسياسيين فى سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التى اعترف المجتمع الدولى بها لغه عمل فى منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها فى أنحاء العالم ؛ لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت ــ فيما مضى ــ علوم الأمم الأخرى ، وصهرتها فى بوتقتها اللغوية والفكرية ؛ فكانت لغة العلوم والآداب ، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة .

إن الفضل فى التقدم العلمى الذى تنعم به دول أوروبا اليوم يرجع فى واقعه إلى الصحوة العلمية فى الترجمة التى عاشتها فى القرون الوسطى . فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابى وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب . ولم ينكر الأوروبيون ذلك ، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق ، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف ، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم ، وأن غيرها ليس بأدق منها ، ولا أقدر على التعبير . ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار التركى ، ثم البريطانى والفرنسى ، عاق اللغة من النمو والتطور ، وأبعدها عن العلم والحضارة ، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير ، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة ، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء والعلماء فى إنماء اللغة وتطويرها ، حتى أن مدرسة قصر العينى فى القاهرة ، والجامعة الأمريكية فى بيروت درَّستا الطب بالعربية أول إنشائهما . ولو تصفحنا الكتب التي ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيها باللغة العربية لوجدناها كتبًا ممتازة لا تقل جودة عن أمثالها من كتب الغرب فى ذلك الحين ، سواء فى الطبع ، أو حسن التعبير ، أو براعة الإيضاح ، ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد ، وسادت لغة المستعمر ، وفرضت على أبناء الأمة فرضًا ، إذ رأى الأجنبى أن فى خنق اللغة مجالًا لعرقلة تقدم الأمة العربية . وبالرغم من المقاومة العنيفة التى قابلها ، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبى فيما يتطلع إليه ، فتفننوا فى أساليب التملق له اكتسابًا لمرضاته ، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة ، يشككون فى قدرة اللغة العربية على استيعاب الحضارة الجديدة ، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسى لجيشه الزاحف إلى الجزائر : « علموا لغتنا وانشروها حتى تحكم الجزائر ، فإذا حَكمت لغتنا الجزائر ، فقد حكمناها حقيقة . »

فهل لى أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر — فى أسرع وقت ممكن — إلى اتخاذ التدابير ، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فى جميع مراحل التعليم العام ، والمهنى ، والجامعى ، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الاطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم . وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتعريب ، نظراً لأن استعمال اللغة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوى ، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية ، ويُرتفع بمستواه العلمى ، وذلك يعتبر تأصيلًا للفكر العلمى فى البلاد ، وتمكيناً للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبير عن حاجات المجتمع ، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم .

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التعريب تسير متباطئة ، أو تكاد تتوقف ، بل تُحارب أحيانًا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليم والجامعات ، ممن ترك الاستعمار فى نفوسهم عُقدًا وأمراضًا ، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية ، وعدد من يتخاطب بها فى العالم لا يزيد على خمسة عشر مليون يهوديًا ، كما أنه من خلال زياراتى لبعض الدول ، واطلاعى وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآداب والتقنية ، كاليابان ، وإسبانيا ، ودول أمريكا اللاتينية ، ولم تشكك أمة من هذه الأمم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة ، فهل أمة العرب أقل شأنًا من غيرها ؟!

وأخيرًا .. وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع ، وتحقيقًا لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى ، وتشجيع العلماء والباحثين فى إعادة مناهج التفكير العلمى وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة ، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذى يعتبر واحدًا من ضمن ما نشرته – وستقوم بنشره – الدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية المختلفة .

وبهذا ... ننفذ عهدًا قطعناه على المُضِىّ قُدُمًا فيما أردناه من خدمة لغة الوحى ، وفيما أراده الله تعالى لنا من جهاد فيها .

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم ﴿ وَقُلْ اعْمَلُوا فَسَيَرَى الله عَمَلَكُمْ وَرَسُولُه والمؤمنون ، وستُردّون إلى عالِمِ الغيب والشّهادَة فَيُنبئكم بما كُنتُم تَعْمَلون ﴾ .

محمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

المقـــدمة

تعد تربيـة النبـاتات لمقـاومـة الأمـراض والآفـات واحـدة من أهـم أهداف تربيـة النبـاتات بصـورة عـامـة ، إن لم تكن أهمـهـا على الإطلاق ، باعـتبـار أن التـربية لتحـسين المحصـول وصفات الجودة هدف أساسى مشترك فى جميع برامج التربية . ومن هذا المنطق . فقد جرى العرف على تخصيص فصل أو أكثر من كتب تربية النبات لتغطية موضـوع التربية لمقاومة الأمراض والآفات ، خاصة وأن لهذا الهدف سماته التى تميزه عن غيره من أهداف التربية .

ومع التقدم الهائل الذى حدث فى هذا المجال خلال العقود الأخيرة ، كان من الضرورى تخصيص كتب بأكملها ، لكى يمكن دراسة الموضـوع من جميع جوانبه . ويأتى هذا الكتاب ليكون أول مرجع – يصدر باللغة العربية – عن التربية لمقاومة الأمراض والآفات .

يتناول الكتـاب موضـوع التربية لمقـاومـة مسـببـات الأمراض : الفطريات ، والبكتـيريا ، والفيروسات ، والنيماتودا فى تسعة فصول ، بينما خصص الفصل العاشر والأخير لموضوع التـربيـة لمقـاومـة الآفـات الأخـرى – غيـر النيمـاتودا – وهـى : الحشـرات ، والأكـاروسـات ، والطيور، والرخويات ، والنباتات المتطفلة . ويعد هذا التوزيع لفصول الكتـاب – على مـادته العلمية – انعكاسا لأمور ثلاثة ، هى :

١ – إن جهود التربيـة لمقـاومة مسببات الأمراض كانت أسبق وأكثر غزارة من جـهـود التـربية لمقـاومة الآفـات الأخرى ، وإن لم يتناسب ذلك مـع الأضرار التى تحـدثها الآفـات – وخاصة الحشرات والأكاروسات – للنباتات على مستوى العالم .

٢ – إن كثيرا من المبادىء ، والتقنيات ، والنظريات التى استنبطت من دراسات التربية لمقـاومـة الأمـراض ، أو طورت لأجلها ، تفـيـد – مع بعض التـحوير – فى دراسـات التربيـة لمقاومة الآفات .

٣ – إن تربية الخضر لمقاومة الأمراض هى تخصصى الدقيق الذى مارسته لنحو ثلاثين عاما تعلما ، وتدريسا ، وتطبيقا .

ولقد كان للعامل الأخير أثره ليس فقط فى توزيع فصول الكتاب على مادته العلمية ، وإنما كذلك فى الكيفية التى تم بها تناول الموضوع ، والتى قصد بها تشجيع التعاون بين مربى النبات وإخصائى أمراض النبات فى مجال التربية لمقاومة مسببات الأمراض ، وأن يكون هذا التعاون أو ثق ، وأكثر كفاءة ، وأن يزداد كل منهما فهما وتقديرا لدور الآخر ، وإقترابا منه .

وكلى أمل أن يؤدى إصدار هذا الكتاب إلى مزيد من الاهتمام بموضوع تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات فى عالمنا العربى على مستوى الدراسة الجامعية ، والبحوث العلمية التى تخدم هذا الهدف بالقدر الذى يتناسب مع ما تحدثه مسببات الأمراض والآفات من أضرا ر هائلة للقطاع الزراعى فى مختلف الدول العربية .

وأخيرا .. أتقدم بجزيل الشكر للدار العربية للنشر والتوزيع ومديرها الأستاذ محمد دربالة ، وجميع العاملين فيها ؛ على مابذلوه من جهد لإخراج هذا الكتاب على أفضل وجه .

والله ولى التوفيق

أ . د . أحمد عبد المنعم حسن

محتـــويات الكـــتاب

الموضوع	رقم الصفحة

القسم الأول : التربية لمقاومة مسببات الامراض
(الفطريات -البكتيريا -النيماتودا -الفيروسات)

الفصل الأول
المقدمة

الفصل الثانى
المصطلحات المستخدمة فى مجال التربية لمقاومة الأمراض

الموضوع	رقم الصفحة

الفصل الثالث
طرق تداول المسببات المرضية

الفصل الرابع
التقييم لمقاومة الأمراض

الموضوع	رقم الصفحة

الموضوع	رقم الصفحة

الفصل الخامس
وراثة المقاومة للأمراض

الموضوع	رقم الصفحة

الفصل السادس
المقاومة الرأسية والأفقية

الموضوع	رقم الصفحة

الفصل التاسع
طبيعة المقاومة للأمراض

القسم الثانى : التربية لمقاومة الآفات الاخرى

(العشرات – الأكاروسات – الطيور – الرخويات – النباتات المتطفلة)

الفصل العاشر
التربية لمقاومة الآفات الأخرى
أولاً : التربية لمقاومة الحشرات والأكاروسات

ثانيا : التربية لمقاومة الآفات الحيوانية الأخرى

ثالثاً : التربية لمقاومة النباتات المتطفلة


القسم الأول
التربية لمقاومة مسببات الأمراض
(الفطريات - البكتيريا - النيماتودا - الفيروسات)



الفصل الأول

المقـــدمـة

أهمية التربية لمقاومة الأمراض

تعد التربية لمقاومة الأمراض أحد أهم الأهداف فى برامج تربية النباتات خاصة وأن بعض المسببات المرضية لايمكن مقاومتها بأية وسيلة أخرى . ومع ازدياد الوعى بخطورة مبيدات الآفات على الإنسان والبيئة .. ازدادت أهمية ومكانة التربية لمقاومة الآفات بالنسبة لجميع المحاصيل الزراعية على حد سواء ، ونجحت الأصناف المقاومة فى تجنب المزارعين – فى جميع أنحاء العالم – خسائر تقدر ببلايين الدولارات ، كما وفرت عليهم جزءا كبيرا من تكاليف المقاومة الكيميائية .

وغنى عن البيان أنه بدون توفر الأصناف المقاومة للأمراض ، لا يمكن زراعة بعض المحاصيل فى مناطق معينة من العالم ، بسبب تواجد مسببات تلك الأمراض – فى هذه المناطق – بصورة ثابتة ، ومن أمثلة تلك الحالات ، الأصناف المقاومة للذبول الفيوزارى من الطماطم ، والكرنب ، والبطيخ ، والقطن ، وأصناف قصب السكر المقاومة للتبرقش وأصناف بنجر السكر المقاومة لفيرس التفاف القمة ، وأصناف البرسيم الحجازى ، والتبغ المقاومة للذبول البكتيرى .

وبرغم أن التربية لمقاومة الأمراض لم تنجح فى إنتاج أصناف من الحبوب الرفيعة ذات المقاومة الثابتة لبعض الأمراض كالأصداء ، والتفحمات ، و البياض الدقيقى – بسبب إنتاج

مسببات تلك الأمراض لسلالات فسيولوجية جديدة أكثر ضراوة ، وقادرة على كسر مقاومة تلك الأصناف - إلا أن الأصناف المقاومة نجحت فى منع ظهور تلك الأمراض بصورة وبائية ، وبذا .. فإنها ساعدت على ثبات الإنتاج الزراعى من تلك المحاصيل .

إن من المسلم به أن التربية لإنتاج أصناف جديدة مقاومة للأمراض عملية بطيئة ، إذ إنها تستغرق من ١٠ - ١٥ سنة (ربما كانت الفترة أقل من ذلك إن أمكن زراعة أكثر من جيل واحد من المحصول سنويا) ، ومع ذلك .. فإن عملية إنتاج صنف جديد ، واختباره ، ونشراستخدامه تتطلب فترة أطول من ذلك . وبمقارنة التربية لمقاومة الأمراض بإستخدام المبيدات فى الزراعة يتبين مايلى:

١ - تكون تكاليف إنتاج الصنف الجديد المقاوم أقل بكثير من تكاليف إنتاج أى مبيد جديد .

٢ - تكون تكاليف المحافظة على الصنف الجديد أقل من تكاليف الاستمرار فى عملية إنتاجية

٣ - يكون الصنف مقاوما لآفة معينة ، بينما يكون المبيد ضارا بالحشرات النافعة .

وإلى جانب ما تقدم ذكره ... فإن استخدام الأصناف المقاومة فى الزراعة يفيد فيمايلى:

١ - يقلل من خطورة استعمال المبيدات السامة للإنسان والحياة البرية ، ولا يسهم فى تلوث البيئة كالمبيدات .

٢ - يجعل الدورة الزراعية أكثر فاعلية فى مكافحة الأمراض .

٣ - يخفض كثيرا من تكاليف مقاومة الأمراض .

وبالرغم من أهمية الأصناف المقاومة فإن المقاومة - مهما كانت قوتها - لا يجب أن تكون سببا فى إهمال العمليات الزراعية التى من شأنها خفض شدة الإصابة ؛ فيتعين - مثلا - الاستمرار فى الدورة الزراعية حتى مع الأصناف المقاومة للأمراض التى تكون الإصابة فيها عن طريق المجموع الجذرى ؛ لأن ذلك يؤدى إلى تقليل احتمال ظهور وانتشار سلالات فسيولوجية جديدة من المسبب المرضى .

نبذة تاريخية

لوحظ منذ زمن بعيد وجود إختلافات بين الأصناف فى درجة تحملها للأمراض ، فقد ذكر Theophrastus– فى القرن الثالث قبل الميلاد – أن النباتات تختلف فيما بينها فى درجة تحملها للأمراض . وقد استخدمت فى الزراعة أصناف كثيرة مقاومة للأمراض قبل أن يبدأ أى جهد عملى فى مجال التربية لهذا الغرض . وفى منتصف القرن التاسع عشر لاحظ T.A. Knight – فى إنجلترا – أن أصناف القمح تختلف فى درجة مقاومتها للصدأ وبعد ذلك بسنوات قليلة ذكر M.I. Berkeley أن أصناف البصل البيضاء تصاب بشدة بمرض الاسوداد (التهيب) ، بينما لا تصاب الأصناف ذات الأبصال الملونة . وفى عام ١٩٨٨ تمكن Millardet – فى فرنسا – من إنتاج عنب مقاوم لمرض البياض الدقيقى بتلقيح الأصناف الأوروبية – القابلة للإصابة بالمرض – مع الأصناف الأمريكية المقاومة . ومع تعرف مزيد من الحقائق عن الاختلافات بين الأصناف فى مقاومتها للأمراض .. أصبح الطريق ممهدا – بعد اكتشاف نتائج دراسات مندل عام ١٩٠٠ – لدراسة وراثة المقاومة ، والتربية لهذا الغرض .

وقد نشر Biffen فى عام ١٩٠٥ أول دراسة عن مقاومة الأمراض فى النباتات ، وكان ذلك عن مقاومة مرض الصدأ الأصفر فى القمح . فقد أجرى Biffen تلقيحا بين صنف مقاوم وآخر قابل للإصابة ، ولاحظ حدوث انعزال فى الجيل الثانى بنسبة ٣ قابل للإصابة :١ مقاوم ، واستنتج أن المقاومة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح . هذا .. إلا أن الأصناف المقاومة فى منطقة ما لم تكن مقاومة فى منطقة أخرى ، مما أدى إلى إثارة الشكوك حول نتائج دراسات Biffen بشأن الوراثة المندلية لمقاومة الأمراض . وقد عرف – فيما بعد – أن تلك الحالة كان مردها إلى ظهور سلالات جديدة من الفطر المسبب للمرض .

ويعتبر W.A.Orton أول من باشر بإجراء برامج تربية بهدف إنتاج أصناف مقاومة للأمراض ، حيث قام أولا بتقييم أعداد كبيرة من النباتات – فى بداية هذا القرن – بهدف البحث عن مصادر لمقاومة الذبول الفيوزارى فى اللوبيا والبطيخ والقطن ؛ ففى اللوبيا .. انتخب أكثر الأصناف مقاومة تحت ظروف الحقل ، ووجد أن الصنف Iron كان مقاوما لكل من الذبول الفيوزارى ونيماتودا تعقد الجذور ، وهو يعد أول الأصناف التى عرفت بمقاومتها

للنيماتودا فى النباتات . وعندما لقح Orton هذا الصنف بأصناف أخرى قابلة للإصابة ، وجد أن نباتات الجيل الأول كانت متجانسة فى مقاومتها لكلا الطفيلين : فطر الذبول ، ونيماتودا تعتقد الجذور . وبالنسبة للبطيخ فشل Orton فى العثور على مصدر جيد لمقاومة الذبول من بين الأصناف المزروعة ، بينما وجد المقاومة فى إحدى سلالات الحنظل البرى Citron . وقد حاول Orton نقل صفة المقاومة من سلالة الحنظل إلى صنف البطيخ Eden بتهيجنهما معا . أجرى Orton هذا التهيجين قبل اكتشاف قوانين مندل ، ومع استمرار الانتخاب أنتج – فى عام ١٩١١ – الصنف Conqueror الذى كان – ولايزال – شديد المقاومة للذبول الفيوزارى . وقد استخدم هذا الصنف كثيرا – فيما بعد – كمصدر لمقاومة الذبول الفيوزارى فى برامج التربية ، ولكنه لم يزرع قط على نطاق تجارى واسع ؛ لأنه لم يكن على المستوى المطلوب من حيث الصفات البستانية .

وحتى عام ١٩٣٤ .. كان قد نشر أكثر من ٢٠٠ بحث عن وراثة المقاومة للأمراض ، إلا أن الإهتمام بالتربية لمقاومة الأمراض ضعف بعد الحرب العالمية الثانية بعد انتشار استعمال المبيدات الفطرية . ومع ظهور سلالات جديدة من الطفيليات مقاومة للمبيدات ، وظهور مشكلة سمية المبيدات للإنسان والحيوان .. ازداد الاهتمام مرة أخرى بالتربية لمقاومة الأمراض (Coons ١٩٥٣).

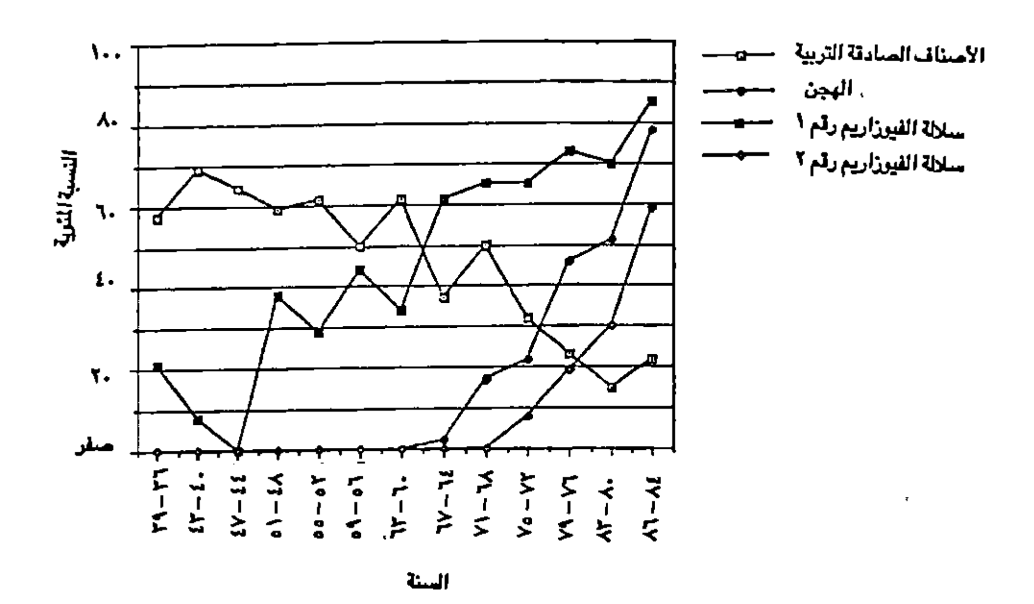
ولمزيد من التفاصيل عن الجهود المبكرة التى بذلت فى مجال التربية لمقاومة الأمراض وحصر مصادرها فى النباتات المزروعة .. يراجع Vavilov (١٩٥١) ، و Whitaker(١٩٧٩).

ولقد أصبحت التربية لمقاومة الأمراض – خلال الخمسين عاما الماضية – أحد الأهداف الرئيسية لنسبة كبيرة من برامج التربية فى عدد كبير من المحاصيل الزراعية . ويتضح هذا الاتجاه جليا – بالنسبة لمحصول الطماطم – فى جدول (١ –١) الذى يبين أعداد أصناف الطماطم التى أنتجت فى أمريكا الشمالية خلال الفترة من ١٩٣٦ – ١٩٨٦ ، وتحمل مقاومة لمختلف أمراض الطماطم الهامة . كما يبين شكل (١–١) الزيادة الكبيرة فى نسبة أصناف الطماطم التى أنتجت خلال الفترة نفسها – فى أمريكا الشمالية – وتميزت بمقاومتها للسلالة رقم ١ ، أو للسلالة رقم ٢ من الفطر *Fusariam oxysporum* f. *lycopersici*

المسبب لمرض الذبول الفيوزارى ، مقارنة بنسبة الأصناف الهجين والأصناف الصادقة التربية التى أنتجت خلال الفترة ذاتها (عن Tigchelaar & Foley ١٩٩١).

جدول (١ - ١) : مقاومة الأمراض فى أصناف الطماطم التى أنتجت فى أمريكا الشمالية خلال الفترة من ١٩٣٦ إلى ١٩٨٦ .

المرض	المسبب	الأصناف المقاومة	
		العدد	النسبة المئوية
الأمراض الفطرية :			
الذبول الفيوزارى	Fusarium oxysporum		
	سلالة رقم ١	٢٣٢	٤١
	سلالة رقم ٢	٥٠	٩
	سلالة رقم ٣	صفر	صفر
ذبول فيرتيسيللم	Verticillium albo -atrum		
	سلالة رقم ١	١٧١	٣٠
	سلالة رقم ٢	صفر	صفر
التبقع الرمادى	Stemphylium solani	٢١	٤
الندوة المبكرة	Alternaria solani	٣	٥ر٠
الندوة المتأخرة	Phytophthora infestans	٢	٣ر٠
تبقع الأوراق السبتورى	Septoria lycopersici	١	٢ر٠
الأمراض البكتيرية:			
التسوس البكتيرى	Corynebacterinm michiganensis	صفر	صفر
النقط البكتيرية	Pseudomonas tomato	صفر	صفر
الذبول البكتيرى	Pseudpmonas solnacearum	صفر	صفر
التبقع البكتيرى	Xanthomonas campestris	صفر	صفر
الأمراض الفيروسية:			
موزايك الدخان	Tobacco Mosaic Virus	١٦	٣
الذبول المتبقع	Tomato Spotted Wilt Virus	٥	١
التفاف القمة	Beet Curly Top Virus	٥	١
موزايك الخيار	Cucumber Mosaic Virus	صفر	صفر
الأمراض النيماتودية			
نيماتودا تعقد الجذور	Meloidogyne spp.	٦٢	١١



شكل (١ - ١) : التغير فى نسبة أصناف الطماطم التى أنتجت فى أمريكا خلال الفترة من ١٩٣٦ - ١٩٨٦ وتميزت بمقاومتها للسلالة رقم ١ ، أو للسلالة رقم ٢ من الفطر Fusarium oxysporum f. lycopersici المسبب لمرض الذبول الفيوزارى ، مقارنة بنسبة الأصناف الهجين والأصناف الصادقة التربية التى أنتجت خلال نفس الفترة ..

ولقد صاحب الاهتمام بدراسات التربية لمقاومة الأمراض اهتماما مماثلا بنشر المقالات العلمية الاستعراضية والكتب التى تتناول الموضوع من كافة جوانبه . وتأتى الإشارة إلى تلك المراجع فى مكانها المناسب من هذا الكتاب حسب الموضوع الذى تتناوله كل منها . أما المراجع العامة التى تتناول موضوع التربية لمقاومة الأمراض بصورة عامة فهى قليلة نسبيا، ولعل من أبرزها ما يلى :

المرجع	ملاحظات
Van der Plank (١٩٦٨، ١٩٨٤)	التربية للمقاومة من زاوية المقاومة الرأسية والأفقية
Nelson (١٩٧٣)	شامل
Kiraly وآخرون (١٩٧٤)	شامل
Parlevliet (١٩٨١)	مقال استعراضى شامل للموضوع
Staples & Tonniessen (١٩٨١)	شامل

شيوع المقاومة للأمراض فى المملكة النباتية

إن معظم الأنواع النباتية تعد - بطبيعتها - مقاومة لمعظم الآفات ، والدليل على ذلك أن أى طفيل يمكنه اختراق عديد من الأنواع النباتية ، ولكنه لا يمكنه الاستمرار فى النمو ، وإحداث إصابة مرضية إلا فى قليل جدا من تلك الأنواع النباتية ؛ أى إن المناعة ضد الإصابة بمعظم مسببات الأمراض هى الظاهرة الشائعة فى الطبيعة .

وقد تطورت تلك المناعة - على مر العصور - من جرّاء تواجد العائل والطفيل معا مع حدوث الانتخاب الطبيعى - بصورة دائمة - لصالح الطرز النباتية المقاومة لتلك الآفات . ويدل على ذلك أن تعريض العشائر الطبيعية للنباتات فى المناطق الجغرافية المعزولة لطفيل جديد على تلك المناطق كثيرا مايؤدى إلى حدوث إصابات وبائية بذلك الطفيليات ، ومن أمثلة ذلك الأوبئة التى حدثت فى الولايات المتحدة بالنسبة لأمراض : لفحة أشجار الكستناء Chestnut Blight ، والصدأ البثرى لأشجار الصنوبر الأبيض white pine blister rust، ومرض أشجار الدردار Dutch elm disease الذى قضى على جانب كبير من أشجار الدردار فى الولايات المتحدة ، وحفز المهتمين بهذه الشجرة إلى البحث عن مصدر لمقاومة هذا المرض ، إلى أن وجدوا ضالتهم فى شجرة وحيدة بعد ثلاثين عاما من الدراسة (Miller ١٩٦٦) .

الأمور التى تجب مراعاتها عند التربية لمقاومة الأمراض

يمكن القول إن التربية لمقاومة الأمراض نالت قدرا من اهتمام مربى النبات أكبر مما ناله أى من أغراض التربية الأخرى ، وهو - بلاشك - اهتمام فى محله ، يمكن فهمه إذا ما عرفنا الخسائر التى أمكن تجنبها بإدخال صفة مقاومة الأمراض فى الأصناف المزروعة .

وتجب - عند التربية لمقاومة الأمراض - مراعاة الأمور التالية :

١ - وضع الصفات البستانية والحقلية دائما موضع الاهتمام ، فالصنف الجديد المقاوم يجب أن يتساوى مع الأصناف التجارية المزروعة ، أو يتفوق عليها ، فى المحصول والصفات البستانية والحقلية الهامة إلى جانب مقاومتة للأمراض . وقد سبقت الإشارة إلى صنف البطيخ Conqueror الذى أنتجه Orton فى عام ١٩١١ كصنف شديد المقاومة لمرض

الذبول الفيوزارى ، ولكنه لم يلق إقبالا لدى المزارعين ؛ لرداءة صفاته البستانية .

٢ – محاولة التنبؤ بما يمكن أن يصيب الصنف من أمراض أخرى بعد نقل صفة المقاومة لمرضٍ ما إليه ، فكثيرا ما يكون أحد الأمراض على درجة عالية من الخطورة فى منطقة ما ، ولكن يحدث – عند التغلب على المرض بإنتاج الأصناف المقاومة له – أن تعيش النباتات لفترة أطول ، الأمر الذى يجعلها عرضة للإصابة بأمراض أخرى لم تكن ذات أهمية من قبل (Andrus ١٩٥٣) .

٣ – محاولة الإستفادة أولا من المقاومة التى توجد فى الأصناف التجارية والأصناف البلدية ، فلا يعقل محاولة إستغلال المقاومة التى توجد فى الأنواع البرية القريبة – مع كل ما يتطلبه ذلك من جهد لنقل صفة المقاومة – قبل التأكد من أن المقاومة لاتتوفر أصلا فى الأصناف المزروعة

٤ – يجب الانتباه إلى مشكلة السلالات الفسيولوجية ، واحتمالات كسر المقاومة ، ولكن مع عدم إعطاء تلك المشكلة أهمية أكثر مما تستحق . إن إنتاج الأصناف المقاومة للأمراض يجب أن ينظر إليه على أنه برنامج مستمر ، لأن السلالات الجديدة من المسببات المرضية قد لا تسمح للصنف الجديد بالبقاء مقاوما لفترة طويلة ، وقد فقد بالفعل عدد كبير من مصادر المقاومة ، وبالرغم من ذلك .. فإن الموقف لا يدعو إلى التشاؤم ، خاصة وأنه يتوفر كثير من الأصناف المقاومة التى بقيت مقاومتها ثابتة لسنوات عديدة .

٥ – محاولة الاستفادة من أكبر عدد ممكن من جينات المقاومة المعروفة للمرض ، للتغلب على سلالات المسبب المرضى ، كما فى حالات مقاومة الطماطم لفيرس موازيك الدخان ، ومقاومة القاوون لفيرس موازيك الخيار .

٦ – محاولة الاستفادة من كل طرز المقاومة المعروفة للمرض ، سواء أكانت قدرة على تحمل المرض ، أم حساسية مفرطة للمسبب المرضى ، أو مقاومة لتكاثر وانتشار المسبب المرضى فى النبات ، أو مناعة ، أم مقاومة لناقل الفيرس Virus Vector فى حالة الأمراض الفيروسية .

٧ – عدم إهمال مصادر المقاومة غير التامة إن لم تتوفر مصادر جيدة لمقاومة المرض

فبالتلقيح بيسن مصادر مختلفة للمقاومة ربما تظهر انعزالات فائقة الحدودTransgressive Segregations تكون أكثر مقاومة من أى من المصادر الأصلية . وحتى إن لم تظهر انعزالات فائقة الحدود فإنه يتعين عدم إهمال المستويات المتوسطة من المقاومة ؛ لأنها أفضل – على أية حال – من القابلية التامة للإصابة . ويدخل تحت المستويات المتوسطة من المقاومة ما يلى :

أ – حالات المقاومة الجزئية Partial Resistance ؛ مثل مقاومة الطماطم للفطر Cladosporum fulvum ، ومقاومة القاوون لفيروس موزايك الخيار ، والفلفل لفيرس Y البطاطس .

ب – حالات مقاومة الحقل Feld Resistance التى يسهل معها مكافحة المسبب المرضى بأقل مجهود ، مثل : مقاومة الفلفل للفطر Phytopthora capsici (عن Clerjeau وآخرين ١٩٨١) .

٨ – عدم إهمال حالات القدرة على تحمل الإصابة :

إن النبات القادر على تحمل الإصابة Tolerant لا يحمل درجة متوسطة من المقاومة ؛ إذ إنه قابل للإصابة ، ولكنه يتحمل تلك الإصابة . ويلجأ المربون إلى القدرة على تحمل الإصابة عندما لا يتوفر مصدر جيد للمقاومة ، إلا أن بعض المربين يترددون فى إدخال صفة القدرة على تحمل الإصابة فى برامج التربية ، لأن النباتات التى تحمل هذه الصفة يمكن أن تؤوى أعدادا هائلة من المسبب المرضى ، الأمر الذى يزيد كثيرا من احتمال ظهور طفرات جديدة منها شديدة الضراوة . كما أن الإصابة قد تنتشر من هذه الأصناف إلى الأصناف الأخرى الأقل منها قدرة على تحمل الإصابة . ومع ذلك .. فإن القدرة على تحمل الإصابة يمكن – إن وجدت مع المقاومة فى نفس الصنف – أن تؤمن الصنف ضد الإصابات الشديدة فى حالة كسر المقاومة . وعمليا .. فإن ما يهم عند الانتخاب للقدرة على تحمل الإصابة هو التأثير النهائى للمسبب المرضى على الجزء الاقتصادى الذى يزرع من أجله المحصول .

ويتم الانتخاب للقدرة على تحمل الإصابة فى المراحل المبكرة لبرامج التربية ، حيث يبحث عن النباتات التى تعطى محصولا جيدا بالرغم من إصابتها بالمرض (Russell١٩٧٢).

ولمزيد من التفاصيل عن القدرة على تحمل الإصابة وأهميتها واستخداماتها .. يراجع Schafer ١٩٧١

٩ – من الأهمية بمكان عدم الاعتماد على مصدر واحد للجيرمبلازم عند تربية الأصناف الجديدة التى يتوقع انتشار زراعتها على نطاق واسع ، لأن الاعتماد على صنف واحد أو أصناف محدودة ذات أصل مشترك فى مساحات شاسعة يمكن أن يعرضها لإصابات مرضية وبائية غير متوقعة ، والأمثلة على ذلك عديدة ، نذكر منها ما يلى :

أ – إصابة الشوفان فى الولايات المتحدة خلال الأربعينيات بوباء لفحة فيكتوريا Victoria Blight الذى يسببه الفطر Helminthosporium victoriae ، بسبب انتشار زراعة عديد من الهجن القريبة من بعضها وراثيا فى أكثر من ٨٠٪ من مساحة الشوفان خلال عام ١٩٤٥ ، حيث أدى ذلك إلى انتشار الوباء خلال عامى ١٩٤٦ ، ١٩٤٧ . وقد أمكن التغلب على تلك المشكلة بإدخال أصناف جديدة مقاومة للمرض فى الزراعة .

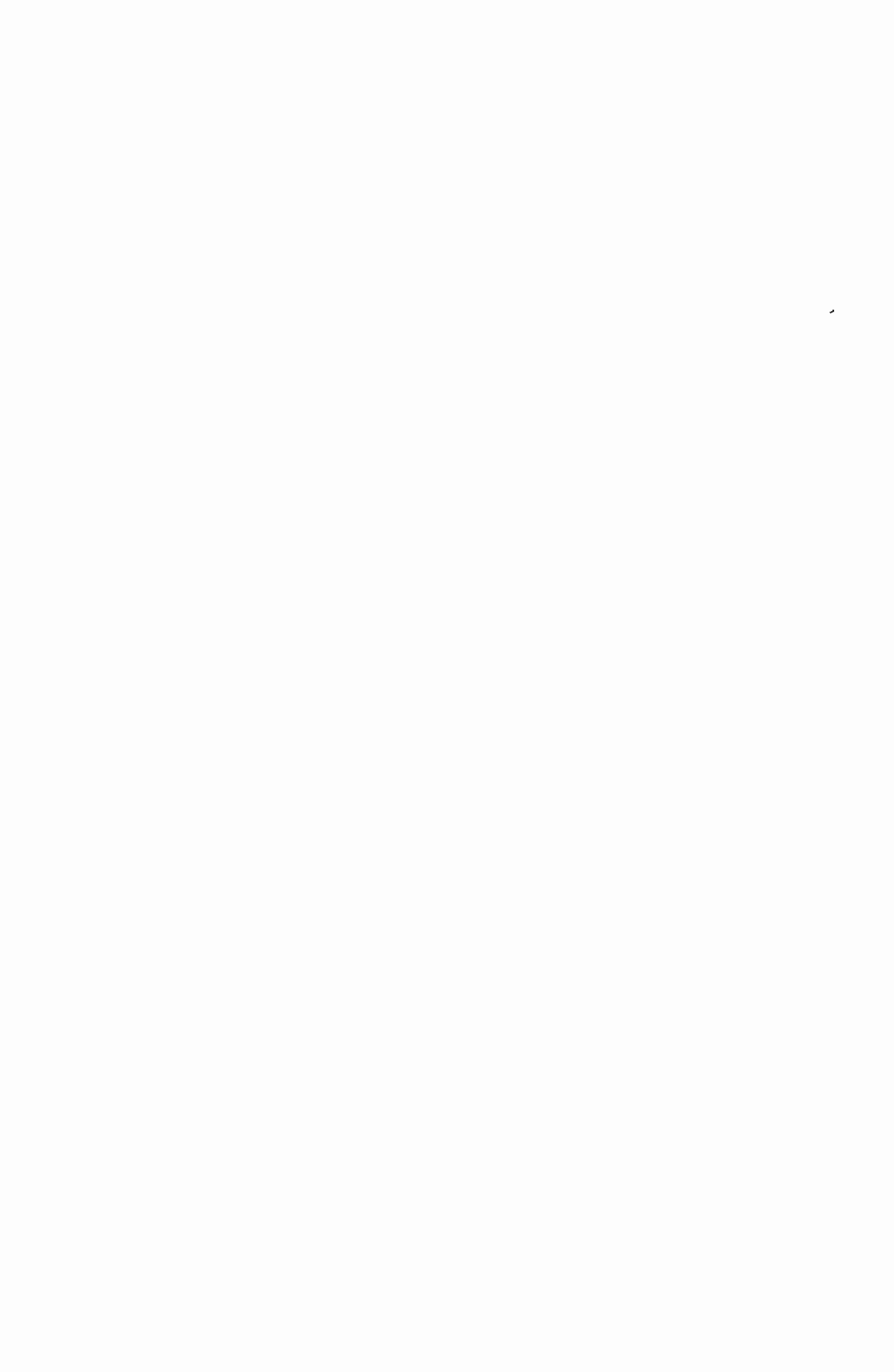
ب – إصابة الذرة فى الولايات المتحدة فى بداية السبعينيات (خلال عامى ١٩٧٠ ، ١٩٧١) بوباء لفحة أوراق الذرة الجنوبية التى يسببها الفطر Cochliobolus heteroetro-phus ؛ بسبب انتشار زراعة هجن من الذرة تعتمد على سيتوبلازم عقيم الذكر – كان قد حصل عليه من تكساس T- type cytoplasm – فى أكثر من ٨٠ ٪ من مساحة الذرة . وقد أمكن التغلب على تلك المشكلة بإدخال أصناف جديدة مقاومة للمرض (Russell ١٩٧٨).

١٠ – الاستفادة من الجنيات التى تتحكم فى المقاومة لأكثر من مسبب مرضى ، وكمثال على ذلك .. وجد Schroeder & Provvidenti (١٩٧٠) أن جميع أصناف البسلة المقاومة لفيرس موزايك البطيخ رقم ٢ – وعددها ثلاثون صنفا – كانت كذلك مقاومة لفيرس موزايك الفاصوليا الأصفر ، كذلك كانت جميع الأصناف القابلة للإصابة بأحد الفيروسين قابلة للإصابة بالفيرس الآخر ، وتبين أن جينا واحدا متنحيا يتحكم فى المقاومة لكلا الفيروسين .

١١ – تجنب استخدام جنيات المقاومة المرتبطة بجينات أخرى تتحكم فى صفات غير مرغوبة إلا بعد كسر هذا الارتباط ، إذ لافائدة تُرجى من إنتاج صنف مقاوم لمرض ما ، بينما يكون ردئيا فى صفات أخرى . ومن أمثلة ذلك ما لوحظ من وجود ارتباط قوى بين

مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار وبين حساسية النباتات لنقص عنصر المنجنيز (عن Walker ١٩٦٥) . كذلك لاحظ Kooistra (١٩٧١) وجود ارتباط قوى جدا بين مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار وبين لون الثمرة الأخضر الباهت ، وهى صفة غير مرغوبة تجاريا .

كما أن صفة المقاومة لمرض ما قد تكون مرتبطة بالقابلية للإصابة بمرض آخر ؛ فعلى سبيل المثال .. وجد Zink & Duffus (١٩٦٩) علاقة قوية فى الخس بين المقاومة للبياض الزغبى والقابلية للإصابة بفيرس موازيك اللفت . ويعتقد أن تلك العلاقة مردها إلى السلالة P.I.91532 من _Lactuca serriola_ التى حُصل منها على صفة مقاومة البياض الزغبى، والتى وجد أنها أيضا قابلة للإصابة بالفيرس ، وإن كانت بعض سلالات هذا النوع مقاومة لكلا المرضين . وقد تبين من الدراسات الوراثية – التى أجريت فى هذا الشأن – أن المقاومة لكل منهما يتحكم فيها جين واحد سائد ، وأنهما يرتبطان فى نظام تنافرى ، ويقعان على مسافة ١٢,٥ ± ١,٦ وحدة عبور من بعضهما البعض . هذا .. وتوجد صفتا المقاومة للبياض الزغبى والقابلية للإصابة بفيرس موازيك اللفت فى عدد من أصناف خس الرؤوس ذات الأوراق النضرة السهلة التقصف Crisphead ؛ مثل : Calmar ، و Valtemp ، Vaverde ، وImperial 410 ، Imperial Triumph ، Valrio إلا أن مقاومة كلا المرضين توجد فى أصناف أخرى من مجموعة خس الرؤوس ذى المظهر الدهنى Butterhead ؛ مثل May King ، و Meikoningen ، و Ventura ، وأصناف من مجموعة خس الرومين مثل : Valmaine (عن Dixon ١٩٨١) .



الفصل الثانى

المصطلحات المستخدمة فى مجال التربية لمقاومة الأمراض

يتعين على المشتغل بالتربية لمقاومة الأمراض أن يكون ملما بالمصطلحات المستخدمة فى هذا المجال ، وهى كثيرا جدا ، وذلك ليكون دقيقا فى وصفه للحالة المرضية التى يعمل عليها . وفى هذا الفصل .. نستعرض جانباً كبيرا من تلك المصطلحات للتعرف عليها من جهة ، وليكون ذلك مدخلا للتعرف على موضوع التربية لمقاومة الأمراض – بصورة عامة – من جهة أخرى .

اولاً: مصطلحات خاصة بالمرض والتطفل

انواع التفاعلات البيولوجية بين الكائنات الحية

نوضح – فيما يلى – فئات أو تصنيفات التفاعلات البيولوجية التى تحدث بين الكائنات الحية التى تكون على اتصال ببعضها البعض فى البيئة التى تعيش فيها .

١ – الحياد Neutralism : لايؤثر أى من الكائنين فى الآخر .

٢ – التنافس Competition : يتأثر كلا المتنافسين سلبيا .

٣ – تبادل المنفعة Mutualism : يستفيد كلا الكائنين المتعاونين .

٤ – كومنسليزم Commensalism : يستفيد أحد الكائنين من وجود كائن آخر ، بينما لا يتأثر هذا الكائن الثانى

٥ – أمِّنسليزم Amensalism : يضار أحد الكائنين من وجود كائن آخر ، بينما لاَ يتأثر هذا الكائن الثانى .

٦ – الافتراس Herbivory : يفترس أحد الكائنين الكائن الآخر .

٦ – التطفل Parasitism : يستفيد أحد الكائنين ، بينما يضار الكائن الآخر عند تواجدهما معا (عن Rost وآخرين ١٩٨٤) ، وتلك هى العلاقة التى تتطور إلى ظهور أعراض الإصابة بالأمراض على الطرف المتضرر .

المرض والأوبئة

١ – المرض Disease :

المرض حالة فسيولوجية غير طبيعية ، يتعرض أثناءها النبات لمعاناة مستمرة ، من جرّاء تطفل أحد المسببات المرضية عليه . ويستبعد هذا التعريف كل الحالات غير الطبيعية التى لاتحدثها المسببات المرضية ، سواء أكانت وراثية المنشأ ، أم ترجع إلى أسباب فسيولوجية . وتعرف الحالات الأخيرة باسم العيوب الفسيولوجية Physiologitcal Disorders ، وهى غير معدية بطبيعة الحال .

٢ – المرض المتوطن Endemic Disease :

المرض المتوطن هو الذى يوجد بصورة دائمة ، فى منطقة معينة ، على أنواع نباتية معينة ، وفى مستوى معين لا يتغير .

٣ – المرض الوبائى Epidemic Disease :

المرض الوبائى هو الذى يظهر بحالة شديدة فى عشيرة من العائل ، بسبب حدوث زيادة كبيرة طارئة فى عشيرة الطفيل .

٤ – المرض النباتى الوبائى Epiphytotic Disease :

يستخدم مصطلح المرض النباتى الوبائى كبديل لمصطلح المرض الوبائى ؛ لأن الأخير يمكن أن يستخدم للدلالة على أمراض الإنسان والحيوان الوبائية .

العائل والطفيل

١ – الطفيليات الإجبارية Obligate Parasites :

الطفليات الإجبارية هى تلك التى لا يمكنها النمو رميا فى الظروف الطبيعية .

٢ – الطفيليات الاختيارية Facultative Parasites :

يستخدم هذا المصطلح لوصف الكائنات المرضة التى تنمو رميا بصورة أساسية ، ولكنها تصبح متطفلة فى ظروف خاصة .

٣ – العائل Host :

العائل هو الكائن الحى الذى يأوى الطفيل ويمده بالغذاء اللازم لنمو ه وتكاثره . وقد يستخدم مصطلح " عائل " للدلالة على نبات واحد ، أو عشيرة من النباتات ، أو مرتبة تقسيمية Taxon معينة . وفى علم النيماتولوجى .. لا يعد النبات عائلا إلا إذا سمح بتكاثر النيماتودا التى أصابته .

٤ – المسبب المرضى Pathogen :

المسبب المرضى هو الكائن القادر على إحداث المرض فى عائل معين ، أو فى مجموعة من العوائل .

٥ – القدرة على الإصابة Pathogenicity :

يُعنى بهذا المصطلح قدرة المسبب المرضى ، وقد توصف هذه القدرة بنوعية المقاومة التى يمكنها التغلب عليه ، فنجد مثلا : Vertical Pathogenicity، و Horizontal Pathogenicity .... إلخ .

٦ – العائل القابل للإصابة Sucept :

يقابل هذا المصطلح المسبب المرضى Pathogen ، بينما يقابل العائل Host الطفيل Parasite .

٧ – غير عائل Non- host :

يستخدم هذا المصطلح فى علم النيماتولوجى لوصف الحالات التى لايمكن فيها للنيماتودا أن تتكاثر على النبات ، سواء أكانت النباتات منيعة Immune، أم قابلة للإصابة Susceptible to Infection ، علماً بأن مصطلح Infection يعنى به – فى علم النيماتولوجى – مجرد اختراق اليرقة لأنسجة العائل .

الحقن (العدوى) وتطور الإصابة

١ – اللقاح Inoculum :

يطلق اسم اللقاح على أى فيرس أو أى جزء من كائن حى قادر على إحداث الإصابة فى كائن قابل للإصابة . وقد يتكون مصدر اللقاح من المسببات المرضية ذاتها ، أو من أجزاء منها – مثل الهيفات الفطرية ، والجراثيم الكونيدية ، والأجسام الحجرية – أو الجراثيم الجنسية ، أو الخلايا البكتيرية ، أو الفيروسات .

٢ – مصدر اللقاح Source of Inoculum :

مصدر اللقاح هو الشىء أو المكان الذى ينتج فيه أو عليه اللقاح ، مثل الأوراق المصابة ، والتربة ، والبيئة الصناعية ، والتسوسات Cankers ... إلخ .

٣ – العدوى المبدئية Initial Inoculum :

يعنى بهذا المصطلح الكمية الفعلية من عشيرة الكائن المرضى عند بداية الوباء .

٤ – مدخل الإصابة Infeetion Court :

هو المكان الذى يوجد فى العائل ، أو عليه ، والذى يبدأ فيه المسبب المرضى النشاط المؤدى إلى حدوث الإصابة . وقد يكون مدخل الإصابة ثغراً بالورقة ، أو عديسة ، أو ثغراً مائياً ، أو جرحاً بالساق أو الجذر ... إلخ

٥ – الحقن (إحداث العدوى) Inoculation :

هى عملية نقل اللقاح من مصدره إلى مدخل الإصابة . ويقتصر هذا التعريف للمصطلح

على حقن الكائنات الحية فقط ، إلا أن المصطلح الإنجليزى يستعمل كذلك عند زراعة البيئات الصناعية .

٦ - الإختراق Penetration (أو Ingress) :

هى عملية دخول المسبب المرضى إلى العائل من خلال مداخل الإصابة - Infection Courts .

٧ - فترة الحضانة Incubation Period :

هى الفترة التى تمر مابين الحقن Inoculation إلى حين حدوث الإصابة Infection وبدء النشاط المرضى للمسبب المرضى ، ولكن البعض يفضل استخدام هذا المصطلح للدلالة على الفترة التى تمر ما بين عملية اختراق المسبب المرضى Penetration (أو ingress) للعائل إلى حين حدوث الإصابة .

٨ - الإصابة Infection :

يستعمل هذا المصطلح فى علم الفطريات لوصف الخطوات التى يمر بها الفطر ابتداء من لحظة ملامسته للنبات إلى حيث تكوينه لاتصال بيولوجى مناسب مع أنسجة العائل وبدء نشاطه المرضى (الباثولوجى) . أما فى علم النيماتولوجى .. فإن مصطلح Inection يعنى به مجرد احتراق يرقات النيماتودا الداخلية التطفل لجذور النبات ، دونما أية إشارة إلى تغذيتها ، أو حتى مجرد قدرتها على المعيشة داخل الجذر .

٩ - تطور المرض Disease Development :

هى مجموعة الأحداث التى تمر ابتداء من الإصابة Infection إلى حيث ظهور أعراض المرض .

١٠ - جيل المرض Generation of Disease :

يعنى بالجيل المرضى كل دورة مرضية تصاب خلالها أنسجة جديدة من العائل .

ثانيا: مصطلحات تتعلق بحالات المقاومة . ووراثتها

مستوى المقاومة

١ – المقاومة Resistance :

هى قدرة العائل على الحد من نمو وانتشار الطفيل ، كما يعنى بالمصطلح – فى علم النيماتولوجى – اختراق أعداد قليلة من اليرقات ، حتى فى وجود أعداد كبيرة من اليرقات ، وتوفر الظروف المناسبة للإصابة .

٢ – القابلية الإصابة Susceptibility :

تتناسب القابلية للإصابة عكسيا مع المقاومة ، ويقدر كلاهما على مقياس واحد .

٣ – عائل غير مناسب Unsuitable Host :

يستخدم هذا المصطلح فى علم النيماتولوجى لوصف العوائل التى يحدث فيها نمو وتطور عاديان للنيماتودا ، ولكن ببطء شديد ، وبذا .. لاتتكاثر فيها النيماتودا بنفس السرعة التى تتكاثر بها فى العوائل المناسبة .

٤ – المناعة Immunity :

يعنى بالمناعة المقاومة المطلقة ؛ أى عدم القابلية للإصابة ، وهى لايمكن وصفها بدرجات، فالعائل إما يكون منيعا ، وإما أن يكون غير منيع . وتعد أى درجة أقل من المناعة مقاومة .

٥ – تحمل الإصابة Tolerance:

يستخدم مصطلح القدرة على تحمل الإصابة فى وصف العلاقة بين العائل والطفيل الذى يعتمد عليه دون أن يحدث فيه أضرارا، كأن يتكاثر الفيرس داخل النبات دون أن تظهر على النبات أية أعراض مرضية ، وهى الحالات التى يطلق عليها – أيضا –اسم Symptom-less carriers وقد تكون هذه الأعراض طفيفة بالرغم من تكاثر الفيرس جهازيا داخل النبات . ولهذه الحالة أهمية خاصة فى محاصيل السلاطة كالخس ؛ حيث يكون لمظهر النبات أهمية كبرى .

٦ - مقاومة المرض Disease Tolerance :

يستخدم هذا المصطلح فى وصف الحالات المرضية التى تظهر فيها الأعراض العادية للإصابة ، ولكن دون أن يتأثر المحصول الزراعى من جراء ذلك ، وقد يكون لهذه الحالة عواقبها الخطيرة إذا وجدت عوائل أخرى حساسة للمسبب المرضى فى منطقة زراعة الصنف المقاوم للمرض .

ولايجوز استخدام مصطلح Tolerance بمعنى المقاومة الأفقية أو المقاومة المتوسطة ، أو أى نوع آخر من المقاومة . كما لا يجوز استعمال المصطلح Intolerance بمعنى عكس القدرة على تحمل الإصابة ، لأنه يعنى شدة حساسية العائل للمسبب المرضى (خاصة الفيروسى) ، لدرجة أن النباتات تموت بمجرد تعرضها لأية إصابة ، ويترتب على ذلك انتهاء كل من الفيرس والعائل ، فيتوقف انتشار المرض .

٧ - الإفلات من الإصابة Disease Escape :

قد يكون الإفلات ، أو الهروب من الإصابة لأسباب بيئية ، أو زراعية ، وقد يرجع إلى صفات نباتية يتحكم فيها عوامل وراثية ، ومن الطبيعى أن الحالة الثانية هى التى تهمنا فى هذا المقام . وجدير بالذكر أن النبات الذى يحمل عوامل وراثية تجعله يفلت من الإصابة هو نبات قابل للإصابة ، ولكنه لايصاب ، لأن صفاته تحول دون وصول الطفيل إلى الموقع المناسب للإصابة فى المرحلة المناسبة من النمو النباتى ، لحدوثها فى الظروف الطبيعية .

طبيعة المقاومة

١ - المقاومة السلبية Passive Resistance :

تعود المقاومة السلبية إلى عوامل وأسباب خاصة تتوفر فى العائل قبل حدوث الإصابة ، وهى تعرف كذلك باسم المقاومة الاستاتيكية Static Resistance .

٢ - المقاومة النشطة Active Resistance :

تعود المقاومة النشطة إلى تفاعلات تحدث بين العائل والطفيل بعد الإصابة بالمسبب المرضى ، وهى تعرف أيضا باسم المقاومة الديناميكية Dynamic Resistance .

٣ – فرط الحساسية Hypersensitivity :

إن فرط الحساسية هى الحالة التى تحدث فيها استجابة موضعية عنيفة لاختراق الطفيل لأنسجة العائل ، يتبعها موت سريع للأنسجة حول منطقة الاختراق ، مما يؤدى إلى وقف انتشاره فى العائل .

حالات وطبيعية المقاومة فى الأمراض الفيروسية

١ – المناعة Immunity :

يعنى بالمناعة فى حالات الأمراض الفيروسية عدم حدوث أى تفاعل بين النبات والفيرس عند إجراء العدوى بالفيرس بأية طريقة ، بما فى ذلك طريقة التطعيم . ومن هذا المنطق .. نجد أن معظم النباتات منيعة ضد معظم الفيروسات المعروفة . وعلى العكس من ذلك .. فإن القابلية للإصابة هى الاستثناء ، حيث لا يصاب أى نوع إلا بعدد محدود من الفيروسات .

وغنى البيان أن هذا النوع من المناعة لا يدخل ضمن اهتمامات المربى ؛ فما يهتم به هو مناعة صنف أو سلالة من النوع النباتى الذى يعمل على تحسينه ضد أحد الفيروسات الذى يصاب به – عادة – هذا النوع . ومن هذا المنطق .. فإن المناعة تعد نادرة ، إذ يصعب – غالبا – العثور على مناعة حقيقية ضد فيرس ما فى النوع أو الأنواع النباتية التى تصاب به عادة .

وتعرف حالات قليلة تقتصر فيها الإصابة بالفيرس – بعد إجراء العدوى به – على خلية واحدة ، أو مجموعة صغيرة من الخلايا فى موقع العدوى . وقد وصفت النباتات التى وجدت فيها هذه الحالة بأنها منيعة ، إلا أنها – فى واقع الأمر – ليست سوى حالة مقاومة قصوى Extreme Resistance ، لأنه قد حدث فيها تفاعل حقيقى بين الفيرس والعائل ، وهو ما لا يحدث فى حالة المناعة . هذا .. ولايمكن التفريق بين حالتى المناعة والمقاومة القصوى إلا إذا فحصت خلايا الأنسجة – المحقونة بالفيرس – بعناية تامة لمعرفة ما حدث بها .

٢ – مقاومة الحقن Resistance to Inoculation :

إن المقاومة للحقن صفة وراثية تصعب – بسببها – الإصابة بالفيرس عند محاولة عدوى

النبات به ، بالرغم من كونه قابلا للإصابة بهذا الفيرس . وقد أعطى هذا النوع من المقاومة أسماء مختلفة ، منها : Klendusity ، و Infection Resistance ، والميل إلى الإفلات من الإصابة Tendency to Escape Infection ، ولكن يفضل استخدام مصطلح المقاومة للحقن ، لأن المصطلحات الأخرى يقصد بها أمور أخرى . فمصطلح Infection Resis-tance يتضمن – أيضاً – المقاومة لسرعة تكاثر وانتشار الفيرس بعد حدوث الإصابة ، والمصطلح Klendusity لا يعنى صعوبة عدوى النبات بالفيرس ، ولكنه يعنى أن الحشرات الناقلة للفيرس لا تفضل نباتات هذا الصنف فى التغذية عند وجود أصناف أخرى بجوارها تفضلها الحشرة .

كما أن مصطلح الميل إلى الإفلات من الإصابة لا يصف حالة مقاومة ، وإنما حالة إفلات منها لأى سبب كان .

وفى محاولة لتفسير المقاومة للحقن وضع Bawden نظرية فحواها أنه يلزم أعداد مختلفة من جزيئات الفيرس لإحداث الإصابة فى المواقع Cites المختلفة من نفس العائل . وقد يبدو أن هذا الرأى يتعارض مع الرأى القائل بأن كل إصابة مردها إلى جزىء فيرسى واحد ، ولكن Bawden أوضح أن الإصابة قد يحدثها جزىء فيرسى واحد ، ولكن تلزم أعداد مختلفة من جزيئات الفيرس فى المواقع المختلفة بالعائل للتغلب على المقاومة ، وليتمكن أحد جزيئات الفيرس من أحداث الإصابة .

ومما يؤيد هذه النظرية أن الاختلافات بين الأصناف فى مقاومتها للإصابة تختفى عند إجراء العدوى بتركيز عال من الفيرس .

لا يعرف سوى القليل جدا عن كيفية حدوث هذه النوعية من المقاومة ، وربما كان لسمك طبقة الأديم ، وعدد وحجم الشعيرات التى توجد بالأوراق تأثيرات على كفاءة العدوى بالفيرس، ولكن لا تتوفر أدلة مباشرة تؤيد صحة ذلك .

تبطىء هذه النوعية من المقاومة من سرعة الوصول بالمرض إلى الحالة الوبائية ، وقد استخدمت بكثرة فى إنتاج الأصناف المقاومة للأمراض الفيروسية ، حيث عرفت فى كل من حالات الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا باللمس ، والتى تنقل بالحشرات ، كما عرفت فى

الفيروسات المسببة للاصفرار ، ومن أمثلتها المقاومة لفيرس التفاف أوراق البطاطس التى ترجع إلى نقص نسبة النباتات التى تصاب بالفيرس عند عدواها به ، وهى التى تتراوح من ٣ر٪ فى الصنف المقاوم Pentland Crown إلى٢٠ ٪ فى الأصناف القابلة للإصابة .

٣ – مقاومة انتشار الفيرس فى النبات Resistance to Virus Spread :

تظل الإصابة فى هذا النوع من المقاومة محدودة فى أماكن معينة من النبات Local-ized لاينتشر منها إلى أماكن أخرى . ومن أبرز الظواهر التى توقف انتشار المرض فى النبات ظاهرة فرط الحساسية Hypersensitivity ، وهى التى تموت بسببها الخلايا المصابة فى مرحلة مبكرة جدا .

وتختلف هذه الحالة عن حالة المقاومة القصوى (التى تكون فيها الإصابة محصورة فى خلية واحدة ، أو عدد قليل من خلايا العائل) ، لأن الخلايا المصابة تكون واضحة للعين المجردة فى حالة فرط الحساسية ، وتظهر على بقع موضعية Local Lesions صفراء أو متحللة فى الأوراق المحقونة (المعدية) بالفيرس . ويتبقى الفيرس فى هذه البقع الموضعية ، وفى الخلايا غير المتحللة المجاورة لها مباشرة .

تقتصر حالة فرط الحساسية على خلايا البشرة فقط ، ومما يؤيد ذلك أن نباتات Nicotiana glutinosa يمكن إصابتها جهازيا بفيرس موازيك الدخان إذا حدثت العدوى بطريق التطعيم ، بينما تظهر عليها بقع موضعية إذا حقنت – بنفس الفيرس – بطريقة اللمس .

يتحكم فى هذا النوع من المقاومة – عادة – عامل وراثى واحد ، أو عدد قليل من الجنيات ، وهى مقاومة تتأثر بشدة بدرجة الحرارة . وكقاعدة عامة .. فإنها تكون أقل فاعلية فى درجات الحرارة العالية .

٤ – المقاومة القصوى Extreme Resistance :

توجد حالة المقاومة القصوى فى الأصناف التى لاتظهر أى تجاوب للحقن (العدوى) بالفيرس ، فهى لا تظهر عليها أى أعراض مرضية ، ولاتشجع تكاثر الفيرس فيها ، حتى لو حدثت العدوى بطريقة التطعيم ولا يعرف على وجه اليقين ما إذا كان الفيرس لايتكاثر مطلقا

فى النباتات ذات المقاومة القصوى ، أم أنه يتكاثر فيها ببطء شديد إلى درجة يصعب معها تقدير تركيز الفيرس فى النبات .

هذا .. ولايجب الخلط بين المقاومة القصوى وبين كل من المناعة ، وفرط الحساسية؛ فالمناعة تعنى عدم حدوث أية إصابة على الإطلاق ، وتكون الإصابة محصورة فى خلية واحدة أو فى عدد قليل من الخلايا فى حالات المقاومة القصوى ، بينما تسمح فرط الحساسية بتكاثر الفيرس وتواجده فى جميع الخلايا التى تظهر بها البقعة الموضعية ، والخلايا المجاورة لها .

ومن أمثلة حالات المقاومة القصوى تلك التى وجدها Hassan & Thomas (١٩٨٨) فى السلالة P.I.128655 من L. peruvianum ضد بعض عزلات فيرس اصفرار قمة الطماطم Tomato Yellow Top Virus ، وفيرس التفاف أوراق البطاطس Potato Leaf Roll Virus ، حيث لم تصب النباتات إلا بطريق التطعيم وبعد فترة طويلة (من ٨ - ٢٤ أسبوعاً) من الالتحام بين الطعم المصاب والنبات البرى ، كما اختفى الفيرس من السلالة البرية بعد فترة قصيرة من فصل الطعم المصاب عنها ، وكلما ازدادت الفترة التى لزمت لنقل الفيرس للنوع البرى قصرت الفترة التى انقضت لحين اختفائه منه بعد فصل الطعم عنه .

٥ - مقاومة تكاثر الفيرس Resistance to Virus Multiplication:

نجد فى هذه الحالة أن النبات يحد من تكاثر الفيرس بداخله لأسباب كثيرة . وأيا كانت هذه الأسباب .. فقد استخدم المربون هذا النوع من المقاومة دون معرفة بحقيقة العوامل التى تمنع تكاثر الفيرس . ويكون انتخاب النباتات المقاومة - فى هذه الحالة - على أساس تقديرات الفيرس بالنباتات المختبرة ، سواء أكانت بالاختبارات السيرولوجية ، أم باختبار النقط الموضعية ، أم بغيرهما .

ويقصد بهذا النوع من المقاومة الحالات التى تكون فيها الإصابة جهازية ، والتى تقل فيها أعداد جزيئات الفيرس كثيرا ، مقارنة بالأصناف القابلة للإصابة ، وربما لا يتواجد الفيرس على الإطلاق فى بعض الأجزاء غير المعدية من النبات . ولذا .. فإن هذه الأصناف

لا يتأثر نموها بالإصابة بدرجة كبيرة ، ولا تشكل مصدراً للعدوى وانتشار الفيرس .

٦ – القدرة على تحمل الفيرس Virus Tolerance :

يلزم – فى هذا الشأن – التمييز بين أربع حالات ، كما يلى :

أ – عندما تكون أعراض الإصابة بالفيرس شديدة ، والضرر الاقتصادى الذى تحدثه هذه الإصابة شديدا .. تعرف الحالة باسم حساسية Sensitivity .

ب – عندما تكون أعراض الإصابة بالفيرس شديدة ، والضرر الاقتصادى الذى تحدثه هذه الإصابة قليلا .. تعرف الحالة باسم القدرة على تحمل المرض Disease Tolerance

جـ – عندما تكون أعراض الإصابة بالفيرس طفيفة ، والضرر الاقتصادى الذى تحدثه هذه الإصابة شديدا .. يعرف النبات باسم حامل بدون أعراض Symptomless Carrier .

د – عندما تكون أعراض الإصابة بالفيرس طفيفة ، والضرر الاقتصادى الذى تحدثه هذه الإصابة قليلا ..تعرف الحالة باسم القدرة الحقيقية على التحمل True Tolerance .

هذا .. وتفيد حالة النبات " الحامل بدون أعراض " فى محاصيل معينة ؛ مثل الخضر الورقية – كالخس – حيث يمكن تسويق النبات الحامل للفيرس ، أما النبات الذى تبدو عليه أعراض الإصابة .. فإنه لا يكون صالحا للتسويق . ولكن يجب ألا يكون تأثر النباتات بالإصابة كبيرا إلى درجة تجعل الزراعة غير اقتصادية .

٧ – مقاومة الكائن الناقل للفيرس Resistance to Vector :

تعود مقاومة النباتات للكائنات الناقلة للفيروسات إما إلى عدم تفضيل التغذية على النبات Non - Preference (أو non - acceptance) ، وإما إلى التأثير المثبط الذى تحدثه التغذية – على هذا النبات – فى نمو الحشرة وتطورها وتكاثرها ، وهو ما يعرف باسم Antibiosis . ويتوقف تأثير هذين النوعين من المقاومة – فى انتشار الفيرس فى الحقل – على طبيعة الفيرس ، كما يلى :

أ – عندما يكون الفيرس غير مثابر Non- Persistent فى الكائن الناقل له .. فإن

انتشار الفيرس فى الحقل :

(١) ربما يزداد فى حالات الـ Non - Preference ، لأن الكائن الحامل للفيرس لايتغذى على النبات الواحد سوى فترة قصيرة ، ثم سرعان ما ينتقل منه إلى نبات آخر ... وهكذا .

(٢) لا يتأثر بصورة مباشرة فى حالات الـ Antibiosis . لأن الكائن الناقل للفيرس يتغذى بصورة طبيعية قبل أن يتأثر بمقاومة العائل له .

ب – عندما يكون الفيرس مثابرا Persistent فى الكائن الناقل له .. فإن انتشار الفيرس فى الحقل :

(١) يقل فى حالات الـ Non - Preference ، لأن الكائن الناقل للفيرس لا يستمر فى التغذية لفترة تكفى لأن ينقل الفيرس إلى النبات السليم ، أو لأن يكتسبه من النبات المصاب.

(٢) لا يتأثر انتشار الفيرس بصورة مباشرة فى حالات الـ Antibiosis ، لأن الكائن الناقل للفيرس يتغذى على النبات المقاوم بصورة طبيعية قبل أن يتأثر به .

هذا .. إلا أن الكائن الناقل للفيرس ذاته يقل تكاثره وانتشاره فى الحقل عند توفر أى من نوعى المقاومة فى الصنف المزروع . ويؤدى ذلك – بطريق غير مباشر – إلى خفض انتشار الفيرس بين النباتات فى الحقل ، ولكنه لا يمنع انتقال الفيرس من حقل مجاور .

أما القدرة على تحمل الكائنات الناقلة للفيروسات .. فليست لها أى تأثير فى انتشار الفيروسات – سواء أكانت مثابرة ، أم غير مثابرة – وليس لهذه القدرة تأثير فى أعداد الحشرة ذاتها (Russell ٩٧٨) .

ولمزيد من التفاصيل عن أهمية التربية لمقاومة الكائنات الناقلة للفيروسات ، والأمور التى يتعين الاهتمام بها فى هذا الشأن .. يراجع Maramorosch (١٩٨٠) .

نوعيات خاصة من المقاومة

١ – المقاومة العمومية Generalized Resistance :

هى مقاومة عدد كبير من المسببات المرضية ، أو مقاومة جميع السلالات المعروفة لواحد

أوأكثر من المسببات المرضية . ومن أمثلة ذلك صنف الدخان T.I.245 ، الذى يعد مقاوما لعشرة فيروسات ، هى كما يلى :

- فيرس موازيك الدخان Tobacco Mosaic Virus .
- فيرس موازيك الخيار Cucumber Mosaic Virus .
- فيرس موازيك اللفت Turnip Mosaic Virus .
- فيرس إكس البطاطس Potato X Virus .
- فيرس تبقع الطماطم الحلقى Tomato Ringspot Virus .
- فيرس تبقع الدخان الحلقى Tobacco Ringspot Virus .
- فيرس تخطيط الدخان Tobacco Streak Virus .
- فيرس تحلل الدخان Tobacco Necrosis Virus .
- فيرس Severe Etch .
- فيرس Tomato Aspermy .

وتختلف المقاومة العمومية عن مقاومة عديد من الأمراض Multible Disease Resis-tance فى أن الأولى يتحكم فيها نظام وراثى واحد ، بينما يحمل الصنف المقاوم - فى الحالة الثانية - عدة جينات للمقاومة ، يتحكم كل واحد أو مجموعة منها فى مقاومة أحد الأمراض .

كان صنف الدخان T.I.245 ذو المقاومة العمومية قد انتخب من بين ٤٠٠ سلالة من الجنس Nicotiana لاحتوائه على أعلى درجات المقاومة لفيرس موازيك الخيار . وعندما لقح Holmes هذا الصنف بصنف آخر لا يمت له بصلة قرابة .. ظهرأن بعض النباتات المنعزلة كانت على درجة عالية من المقاومة لفيرس موازيك الدخان .

وقد لقح Holmes هذه النباتات ذاتيا ، واستمر فى التربية والانتخاب على أساس المقاومة لفيرس موازيك الدخان ، وفى نهاية الأمر تبين له أن السلالات المنتجة كانت مقاومة كذلك للفيروسات العشرة المشار إليها آنفا .

وقد حصلت هذه السلالات على مقاومتها لهذه الفيروسات من الصنف T.I.245، الأمر الذى يعنى أن الانتخاب لمقاومة فيرس موازيك الدخان فقط كان فعالا أيضا كطريقة

للانتخاب لمقاومة بقية الفيروسات ، وهو ما يدل على أن المقاومة لجميع هذه الفيروسات يتحكم فيها نفس النظام الوراثى . ليس هذا فقط ، بل إن مقاومة هذا الصنف لفيرس موازيك الخيار كانت ضد كل من الانتقال الميكانيكى والانتقال بواسطة المن .

وكما سبق أن أوضحنا .. فإن مقاومة النباتات للمسببات المرضية هى القاعدة ، وأن القابلية للإصابة هى الإستثناء ؛ فمثلا .. برغم إصابة البطاطس بعشرات المسببات المرضية، فإنها لا تصاب بآلاف من المسببات المرضية الأخرى التى تصيب غيرها من النباتات ، ويعنى ذلك أن البطاطس لابد أن يتوفر فيها وسائل دفاعية تحقق لها مقاومة عمومية ضد مختلف المسببات المرضية التى لا تصيبها ؛ كالأصداء والتفحمات ...إلخ .

٢ – مقاومة البادرة Seedling Resistance :

يعنى بذلك المقاومة التى تظهر على النبات فى جميع مراحل نموه ابتداء من طورالبادرة ، مقارنة بمقاومة النبات البالغ التى لا تظهر إلا فى المراحل المتأخرة من نموه . ويفضل أن تعرف مقاومة البادرة باسم المقاومة الشاملة Overall Resistance . ومن أمثلتها مقاومة سلالة الكرنب P.I. 436606 للبكتيريا Xanthomonas campestris pv. campestris المسببة لمرض العفن الأسود (Dickson & Hunter ١٩٨٧) .

المقاومة المتخصصة والبسيطة

١ – المقاومة المتخصصة Specific Resistance :

يعنى بها المقاومة الرأسية ، أو المقاومة الخاصة بسلالة معينة Race Specific Resistance .

٢ – المقاومة الرأسية Vertical Resistance :

هى مقاومة بعض سلالات الطفيل ، ويتحكم فيها جينات رئيسية Major genes ، وهى مقاومة نوعية ، بمعنى أنها إما أن تظهر بوضوح ، أو لا تظهر . ويكون ظهورها واضحا فى حالات فرط الحساسية ، ولكن فرط الحساسية ليس شرطا لظهور المقاومة الرأسية .

٣ – جين المقاومة الرأسية فى العائل R- gene أو r - gene

هو الجين المسئول عن المقاومة الرأسية .

٤ – مقاومة جنيات R ، أو R-gene resistance :

هى ذاتها المقاومة الرأسية .

٥ – المقاومة البسيطة Monogenic resistance :

هى المقاومة التى يتحكم فى وراثتها عامل وراثى واحد ، ويمكن – غالبا – التعرف على الكروموسوم الحامل لهذا الجين ، وتحديد موقع الجين عليه .

٦ – مقاومة الجين الرئيسى Major Gene Resistance :

يستخدم هذا المصطلح فى وصف أى نوع من المقاومة يتحكم فى وراثتها جين واحد رئيسى ، وهو يستعمل أحيانا بمعنى المقاومة الرأسية ، ولكن ذلك استعمال خاطىء للمصطلح، لأن المقاومة الأفقية قد يتحكم فيها أيضا جين واحد رئيسى .

٧ – مقاومة رأسية معقدة Complex Vertieal Resistance :

هى مقاومة رأسية تتميز بوجود عدد كبير نسبيا من جينات المقاومة الرأسية R- genes.

٨ – المقاومة النوعية Qualitative Resistance :

يستخدم هذا المصطلح – أحيانا – بمعنى المقاومة الرأسية ، ولكن هذا الاستعمال خاطىء ، لأن المقاومة الرأسية قد تكون كمية أيضا .

٩ – المقاومة التى يتحكم فيها عدد قليل من الجينات Oligogenic Resistance :

هى المقاومة التى يتحكم فى وراثتها عدد قليل من الجينات ، لايتعدى زوجين أو ثلاثة أزواج من الجينات فى معظم الحالات ، وبذا .. فهى تتضمن حالات مقاومة الجين الرئيسىMajor Gene Resistauce ، التى يتحكم فى وراثتها جين واحد . وتتميز المقاومة الـ Oligogenic بظهور انعزالات واضحة للجينات المسئولة عن المقاومة فى الأجيال الانعزالية.

المقاومة غير المتخصصة والكمية

١ – المقاومة الأفقية Horizontal Resistance :

يعنى بالمقاومة الأفقية مقاومة العائل – التى تكون بنفس المستوى – ضد جميع سلالات الطفيل . وقد أطلق على المقاومة الأفقية للبطاطس ضد الفطر Phytophthora infestans اسم مقاومة الحقل ، كما أطلق على المقاومة الأفقية للقمح ضد فطر Puccinia graminis tritici اسم المقاومة العمومية Generalized Resisitance ، وكلا الاستخدامين خاطىء .

إن المقاومة الأفقية ترجع إلى أسباب مختلفة ، وقد تكون سلبية أو نشطة ، وقد تكون بسيطة أو كمية ، إلا أن الكمية منها أكثر شيوعا من البسيطة .

وتتميز حالات المقاومة الأفقية بتناقص أعداد جراثيم الطفيل أو أجسامه الخضرية التى يمكنها إحداث الإصابة ، وبطء حدوث الإصابة ، وبطء تكاثر المسبب المرضى داخل النبات ، الأمر الذى يؤدى إلى بطء ظهور الوباء .

وتتوفر عدة أدلة على شيوع المقاومة الأفقية فى جميع النباتات ضد كل الأمراض ، إلا أنه يصعب التعرف عليها فى برامج التربية ، وهو ما أدى إلى إهمالها كثيرا فى الماضى .

٢ – مقاومة الحقل Field Resistance :

يستعمل مصطلح مقاومة الحقل فى وصف حالات المقاومة التى تظهر تحت ظروف الحقل، وتبطىء تطور المرض إلى الصورة الوبائية ، ولكنها لا تظهر بسهولة فى اختبارات الصوبة ، أو المعمل . ويستخدم هذا المصطلح – أحيانا – لوصف حالات المقاومة الأفقية ، إلا أن هذا استخدام خاطىء . ولا يعرف – عادة – الأساس الوراثى أو الفسيولوجى لتلك المقاومة ، وهى غالبا مقاومة غير متخصصة ، وكثيرا ما تكون ثابتة .

٣ – مقاومة النباتات البالغة Mature Plant Resistance :

يقصد بذلك المقاومة التى تظهر فى النباتات التامة النمو فقط ، بينما تكون البادرات قابلة للإصابة . وتورث هذه المقاومة كميا غالبا ، وهى لا تتأثر كثيرا بالظروف البيئية .

٤ – المقاومة العامة General Resistance :

استخدم Thurston (١٩٧١) مصطلح المقاومة العامة بمعنى المقاومة الأفقية ، كما ذكر عديداً من المصطلحات التى استخدمها الكثيرون كمرادفات له ، وهى كما يلى (علما بأنه يتعين التعامل معها بحذر على ضوء المناقشات السابقة) :

– مقاومة الحقل Field Resistance .
– المقاومة الجزئية Partial Resistance .
– عدم الخصوصية Nonspecificity .
– المقاومة بغير فرط الحساسية Nonhypersensitive Resistance .
– مقاومة فيتوفثورا النسبية Relative Phytopthora Resistance .
– المقاومة غير الخاصة (بسلالة معينة) Nonspecific Resistance .
– المقاومة التى لا تختص بسلالة معينة Nonrace - specific Resistance .
– المقاومة العمومية Generalized Resistance .
– المقاومة العديدة الجينات Multigenic Resistance .
– المقاومة العديدة الجينات Polygenic Resistance .
– مقاومة الجينات الثانوية Minor Gene Resistance .
– المقاومة العديدة الجينات Multiple Gene Resistance .
– المقاومة العديدة الآليلات Multiple Allele Resistance .
– المقاومة التى تورث كميا Quantitatively Inherited Resistance .

٥ – مقاومة الجين الثانوى Minor Gene Resistance :

يستخدم هذا المصطلح لوصف حالات المقاومة التى يتحكم فيها جينات ثانوية ، يكون لكل منها تأثير محدود .

٦ – المقاومة العديدة الجينات Polygenic Resistance :

يتبين من المصطلح أن هذه المقاومة يتحكم فيها عدد كبير من الجينات ، يكون لكل منها تأثير محدود على ظهور صفة المقاومة . ومن الخطأ استخدام هذا المصطلح عند الإشارة

إلى المقاومة الأفقية التى قد يتحكم فيها - أحيانا - جنيات رئيسية .

٧ - المقاومة الكمية Polygenic Resistance :

هى المقاومة التى يتحكم فى وراثتها عدد كبير من العوامل الوراثية ، وقد يكون العدد كبيرا إلى درجة يصعب معها تحديده بدقة . وتختلف النباتات فى الأجيال الانعزالية - فى درجات المقاومة ، وتكون هذه الاختلافات تدريجية ، ولايكون لأى جين تأثير محدد يمكن من خلاله تتبع هذا الجين فى الأجيال التالية .

ويستعمل البعض المصطلح Multigenic Resistane لوصف المقاومة الكمية ، وهذا الاستعمال خاطىء لأن الكلمة البادئة Multi لاتينية ، بينما الكلمات البادئة mono ، و di ، و Olige ، Di يونانية.

ويستخدم مصطلح المقاومة الكمية - أحيانا - بمعنى المقاومة الأفقية ، ولكن هذا الاستعمال خاطىء ، لأن المقاومة الأفقية قد يتحكم فيها جينات رئيسية Major Genes .

٨ - المقاومة المستمرة الإختلافات Continuously Variable Resistance :

وضع Van der Plank هذا المصطلح (١٩٨٢) ، ويعنى به المقاومة الكمية ، وأشار إلى تفضيلة استخدام هذا المصطلح الذى يصف حالة المقاومة الكمية بدقة ، حيث تقاس الاختلافات المشاهدة فى المقاومة أو شدة الإصابة ، ولاتقسم النباتات إلى فئات .

ويرى Van der Plank عدم استخدام مصطلح مقاومة الجينات الثانوية Minor Gene Resistance لوصف حالة المقاومة الكمية ، لأنه قد يتحكم فيها جينات قليلة ذات تأثيرات رئيسية.

ثالثا : مصطلحات تتعلق بثبات المقاومة او تدهورها

سلالات وطرز المسبب المرضى

١ - الطراز البيولوجى Biotype :

هو أى تقسيم تحت النوع Species يكون مبنياً على أى أساس غير مورفولوجى .

وبذا .. تتوفر طرز بيولوجية بقدر أنواع التقسيمات غير المورفولوجية الممكنة .

٢ – الـ Forma Specialis :

يشير هذا المصطلح إلى تقسيم تحت النوع ، يُبنى على أساس فسيولوجى – خاصة التأقلم على العائل – ونادرا ما يُبنى على أساس مورفولوجى .

٣ – السلالة Race :

هى تقسيم تحت النوع (إما تحت النوع مباشرة ، وإما تحت أى مستوى آخر من التقسيمات التى تندرج تحت النوع ، مثل تحت النوع subspecies ، والصنف النباتى botanical variety ... إلخ) يكون مبنياً على أى أساس ، سواء أكان مورفولوجيا ، أم فسيولوجياً ، أم مرضياً (باثولوجيا) ...إلخ .

ويستعمل هذا المصطلح دائما مع الطفيل ، وليس مع العائل .

٤ – عشيرة من المسبب المرضى ذات قدرة معينة على الإصابة (طراز باثولوجى) Pathotype :

تتشابه كل أفراد هذه العشيرة فى صفات القدرة على إحداث الإصابة .

٥ – طراز فسيولوجى Physiotype :

يعنى بهذا المصطلح عشيرة من المسبب المرضى تتشابه جميع أفرادها فى صفاتها الفسيولوجية .

تدهور المقاومة ، والضراوة النوعية والكمية

١ – الضراوة النوعية Virulence :

يعنى بمصطلح الضراوة – غالبا – التطفل الرأسى Vertical Pathogenicity – أى القدرة على إحداث الإصابة ، والقدرة على كسر المقاومة الرأسية – مقابل المصطلح Aggressiveness ، الذى يعنى به – غالبا – التطفل الأفقى Horizontal Pathogenicity أى المستوى الكمى للقدرة على إحداث الإصابة .

وبينما لاتتفاعل سلالات الطفيل التى تختلف فى درجة ضراوتها Aggressiveness : مع أصناف العائل التى تختلف فى مستوى مقاومتها الأفقية ، فإن سلالات الطفيل التى تختلف فى درجة ضراوتها Virulence تتفاعل مع أصناف العائل التى تختلف فى مقاومتها الرأسية ويتوقف عدد سلالات الطفيل التى يمكن تمييزها من هذا الطراز على عدد جينات المقاومة المتوفرة فى العائل .

ومن الاستعمالات الأخرى لمشتقات المصطلح Virulence وصف المسبب المرضى بأنه Virulent حينما يكون ذا قدرة عالية على إحداث الإصابة Stronghy Pathogenic كما يستعمل علماء البكتريولوجى المصطلحين Virulent ، و Avirulent بمعنى قادرعلى إحداث الإصابة Pathogenic ،وغير قادر على إحداثها Non-Pathogenic على التوالى.

٢ – جينات الضراوة V-genes ، أو v - genes :

هى الجينات المسئولة عن الضراوة الرأسية لسلالات الطفيل.

٣ – الجينات المقابلة Matching Genes :

يستخدم هذا المصطلح للدلالة على جينات الضراوة الرأسية V- genes فى الطفيل التى تقابل جينات المقاومة R-genes فى العائل ، والتى تمكن الطفيل من كسر مقاومة العائل .

٤ – طراز طفيلى ذو ضراوة رأسية معقدة Complex Vertical Pathotype :

يستخدم هذا المصطلح لوصف الطرز الطفيلية ذات الضراوة الرأسية التى توجد بها أعداد كبيرة نسبيا من جينات الضراوة V-genes

٥ – كسر المقاومة Breakdown of Resistance :

يستخدم هذا المصطلح للدلالة على الحالات التى تفقد فيها المقاومة الرأسية ، عند ظهور وانتشار سلالات فسيولوجية جديدة قادرة على التغلب على هذه المقاومة . ويتضح من هذا التعريف أن المقاومة ذاتها لم تفقد ، ولم تتغير ، وإنما الذى تغير هو الطفيل .

٦ – العوائل المفرقة Differential Hosts :

يستخدم مصطلح عوائل مفرقة لوصف مجموعة من الأصناف التى تحمل كل منها عاملا

وراثيا معينا للمقاومة الرأسية ، وتستخدم للتفريق ، أو التمييز بين السلالات الفسيولوجية المختلفة للطفيل التى تحمل كل منها عاملا وراثيا معينا للضراوة Vertical Pathotypes ، إلا أن المصطلح ذاته يستخدم فى الفيرولوجى - وأحيانا فى بعض الفروع الأخرى لأمراض النبات - للدلالة على مسببات مرضية مختلفة كلية . وفى حالات كهذه .. قد تنتمى العوائل المفرقة لأنواع ، أو أجناس ، أو عائلات نباتية مختلفة .

٧ - عشيرة من العائل ذات طراز معين للمقاومة Pathodeme :

يوجد - على سبيل المثال - Vertical Pathodeme ، و Horizontal Pathodeme ، وOligogenic Pathodeme ... إلخ .

٨ - درجة الضراوة أو الضراوة الكمية Agressiveness :

تعبر درجة الضراوة عن المستوى الكمي للضراوة ، وقد وضع Van der Plank هذا المصطلح ليدل على التطفل الأفقى Horizontal Pathogenicity ، على غرار المقاومة الأفقية . ويوجد من كل مسبب مرضى عدد لانهائى من السلالات التى تختلف فى درجة ضراوتها ، ويكون اختلاف ضراوتها بنفس الدرجة النسبية على الأصناف المختلفة ، وبذا .. لايمكن تمييزها باستخدام أصناف مفرقة . ويهتم المربى باختيار السلالات العالية الضراوة عند إجراء اختبارات تقييم المقاومة .

٩ - فقدان المقاومة الأفقية Erosion :

يكون فقد المقاومة الأفقية تدريجيا وعلى مدى فترة زمنية طويلة ، على خلاف فقد المقاومة الرأسية (Breakdown) الذى يكون فجائيا وبصورة دارمية . كذلك فإن الذى يتغير فى حالة فقدان المقاومة الأفقية هو العائل ، على خلاف حالات فقدان المقاومة الرأسية التى يتغير فيها الطفيل .

١٠ - تأثير فيرتيفوليا Vertifolia Effect :

يستخدم هذا المصطلح لوصف الحالات التى تفقد فيها المقاومة الأفقية عند تربية الأصناف الجديدة ، بسبب توجيه المربى جل اهتمامه إلى المقاومة الرأسية أثناء الانتخاب

للمقاومة . وينسب هذا المصطلح إلى صنف البطاطس Vertifolia ذى المقاومة الرأسية للندوة المتأخرة ، والذى اكتشف – حينما ظهرت سلالات جديدة من الفطر المسبب للمرض قادرة على كسر مقاومته الرأسية – أن مقاومته الأفقية كانت منخفضة بصورة غير طبيعية .

ثبات المقاومة

١– المقاومة التى تتحمل البقاء لفترات طويلة Durable Resistance:

يعنى بذلك المقاومة التى يمكن أن تبقى ما بقى الصنف فى الزراعة التجارية ، أى إلى أن تحل محله أصناف أخرى تتفوق عليه فى المحصول وصفات الجودة . وهى – بذلك – تعبر عن هدف للمربى ، ولا تصف نوعا من المقاومة يمكن تحديده على أسس وراثية أو فسيولوجية .

٢ – المقاومة المتبقية Ghost Resistance :

إن الترجمة الحرفية للمصطلح الإنجليزى هو " مقاومة الشبح " ، ويعنى بها المقاومة التى تتبقى فى الصنف بعد كسر مقاومته الرأسية ، والتى ترجع إلى ما يحمله هذا الصنف من مقاومة أفقية .

٣ – الصنف المتعدد السلالات Multiline Variety :

يتكون الصنف المتعدد السلالات من عديد من السلالات ، تحتوى كل منها على جين مختلف للمقاومة الرأسية . ولهذه الأصناف أهمية كبيرة فى مقاومة الأمراض التى تحدثها الطفيليات الإجبارية التطفل ، والتى تسبب أمراضا تنتشر أوبئتها بطريقة " الربح المركب " Compound Interest Diseases . ويجب استخدام هذا المصطلح فى كل من المحاصيل الذاتية التلقيح والخضرية التكاثر ، وهى التى يمكن فيها إنتاج الأصناف المتعددة السلالات، مع ضمان بقائها ثابتة وراثيا (Robinson ١٩٦٩ ، و Federation of British Plant Pathologists ١٩٧٣ ، و Van Der Plank ١٩٨٤) .



الفصل الثالث

طرق تداول المسببات المرضية

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل بعض الطرق العملية لأمراض النبات التى يتعين على المشتغل بالتربية لمقاومة الأمراض أن يكون ملما بها . وإلى جانب هذه الطرق العملية .. فإن على المربى أن يكون ملما كذلك بكثير من الحقائق المتعلقة بالمرض الذى يعمل عليه ؛ من حيث المسبب المرضى ، وأعراض المرض ، والتفاعل بين العائل والطفيل ، وتأثير العوامل البيئية فى كل منهما .

فبداية .. يتعين على المربى أن يتعرف على الطرق التى تمكنه من إنتاج اللقاح (المسبب المرضى أو مصدر العدوى) Inoculum بكميات تكفى لإجراء اختبارات التقييم ، وفى الوقت المناسب لإجراء العدوى . ولذا .. يلزم أن يكون المربى ملما بطرق زراعة المسببات المرضية المختلفة فى البيئات الصناعية ، وطرق تحضير هذه البيئات ، وتأثير مختلف العوامل البيئية على نمو المسببات المرضية بها . كذلك يلزم التعرف على طرق تقدير معدل النمو فى هذه البيئات الصناعية ، وكيفية استخلاص اللقاح وتجهيزه فى صورة صالحة للحقن (العدوى) به ، دون حدوث أى تسمم للنباتات Phytotoxicity من البيئة ذاتها .

ومن المعلوم أن الطفيليات الإجبارية Obligate Parasites (مثل : فطريات الأصداء ، والبياض الدقيقى ، والبياض الزغبى ، وكل النيماتودا ، و الفيروسات التى تسبب أمراضا نباتية) لا يمكنها النمو فى البيئات الصناعية ، ولذا .. كثيرا ما يلجأ المربى إلى استخدام أجزاء نباتية مصابة كمصدر للعدوى بها . ومع ذلك .. فقد أمكن زراعة عديد من فطريات

الأصداء فى بيئات صناعية ذات مواصفات خاصة ، كما أمكن تربية النيماتودا المسببة للأمراض النباتية فى مزارع الأنسجة .

كذلك يتعين على المربى الإلمام بطرق الحصول على مزارع نقية من جراثيم أو خلايا مفردة Monospore Cultures ؛ ليمكن تحديد التركيب الوراثى للقاح المستخدم فى التقييم.

كما يتطلب العمل بعزلة معينة من المسبب المرضى المحافظة عليها لفترة طويلة دون أن تفقد حيويتها ، أو تتعرض لتغيرات وراثية ، وهو ما يتطلب إلمام المربى بأفضل الطرق لتحقيق هذا الهدف .

ومن الأهمية بمكان إلمام المربى بطرق عزل المسببات المرضية من التربة أو من الأنسجة المصابة ، وتوفر طرق عديدة لتحقيق ذلك ، تختلف من مسبب مرض لآخر ، وتركز جميعها حول محاولة عزل المسبب المرضى منفردا ، وبعيدا عن الكائنات الدقيقة الأخرى التى تكون موجودة معه .

وبعد عزل وإنتاج المسبب المرضى .. يتعين إلمام المربى بطرق قياس تركيز اللقاح المستخدم Inoculum فى صورة عدد معين من الخلايا البكتيرية ، أو الجراثيم الفطرية ، أو الأجزاء المعدية من المسبب المرضى فى كل ملليلترمن المعلق المستخدم فى الحقن ، سواء أكان التقدير مباشرا ، أم بطرق غير مباشرة .

وإلى جانب ما تقدم .. فإن على المربى أن يكون ملما بالحقائق العلمية المتعلقة بحدوث الإصابة ، والطرق التى يُحدث بها المسبب المرضى الإصابة ، والكيفية التى تحدث بها الأعراض المرضية ، ليتسنى فهم طبيعة المقاومة للمرض .. فمثلا .. يجب أن يكون المربى ملما بالخطوات والتغيرات التى تصاحب إنبات الجراثيم فى التربة ، وتأثير إفرازات الجذور Root Exudates ، والكائنات الدقيقة التى تعيش بالقرب من الجذور Rhizosphere Microflora فى هذا الشأن . كما يلزم التعرف على الطريقة التى يحدث بها الاختراق Penetration ، والخطوات التى تسبق وتصاحب عملية الإصابة Infection ، وكيف يتمكن المسبب المرضى - بالوسائل الميكانيكية والكيميائية - من التغلب على العقبات

التى يضعها العائل فى طريقه .

وفى هذا الفصل .. نلقى الضوء على الأمور الهامة التى يتعين على المربى الإلمام بها؛ بخصوص كيفية تداول مسببات الأمراض . أما التفاصيل الخاصة بهذا الموضوع .. فيمكن الرجوع إليها فى أحد المصادر المتخصصة ؛ مثل :

المرجع	الموضوع
Alexopoulos & Beneke (١٩٦٢)	الطرق المعملية لدراسة الفطريات
Maramorosch & Koprowski (١٩٦٧)	الطرق العملية لدراسة الفيروسات
Kadd & Agrawal (١٩٧٢)	أساسيات وطرق دراسة الفيروسات
Commonwealth Agr. Bur. (١٩٨٣)	أساسيات وطرق دراسة مختلف مسببات الأمراض
Hill (١٩٨٤)	الطرق العملية لدراسة الفيروسات
Green (١٩٨٤)	مختصر للطرق العملية لدراسة الفيروسات
Dhingra & Sinclair (١٩٨٥) .	الطرق المعملية لدراسة البكتيريا والفطريات ، مع شرح مئات من بيئات الزراعة .

طرق التطهير والتعقيم

المصطلحات المستخدمة

١ – التعقيم Sterilization :

يقصد بالتعقيم التخلص من جميع مظاهر الحياة فيما يتم تعقيمه من بيئات ، أو مواد ، أو أدوات ، أو تربة ... إلخ ، ويطلق على المواد التى تستخدم فى التعقيم اسم معقمات .

٢ – التخلص من الإصابة Disinfection :

يعنى بذلك تخليص الكائن الحى مما يوجد به من إصابات بكائنات أخرى باستخدام ما يعرف باسم Disinfectants . وإذا استخدم المصطلح مع أشياء غير حية كالأدوات ، والحوائط ، والأرضيات – وهو استخدام غير دقيق – فإنه يعنى تخليصها مما قد يوجد بها من كائنات دقيقة ممرضة .

٣ – مضادات الكائنات الدقيقة Antiseptics :

يعنى بذلك المواد التى تمنع ، أو توقف نشاط الكائنات الدقيقة ، أو تقتلها ، وتستخدم هذه المواد – عادة – مع الأنسجة الحية .

٤ – المطهرات Disinfestants :

يستخدم هذا المصطلح للدلالة على المركبات أو العوامل الفيزيائية التى تستخدم فى التخلص من الكائنات الدقيقة التى توجد على الأسطح النباتية ، أو فى بيئة النبات ، أو على الأشياء غير الحية .

وتستخدم اللاحقة cide فى آخر الكلمات لتعنى القاتل (مثل : bactericide ، و Fungi-cide) ، بينما تستخدم اللاحقة stat لتعنى موقف النمو أو مانع النمو (مثل : bacteristat، وfungistat) .

إجراءات النظافة والوقاية من التلوث

يتعين توخى إجراءات النظافة العامة فى مختبر التربية لمقاومة الأمراض ؛ لتجنب تلوث مزارع المسببات المرضية بكائنات غير مرغوب فيها ، حيث تلزم مراعاة ما يلى :

١ – النظافة العامة المستمرة للمختبر .

٢ – منع دخول الهواء المحمل بالأتربة بغلق النوافذ واستعمال أجهزة تكييف الهواء عند الضرورة.

٣ – ارتداء ملابس وأحذية نظيفة أثناء العمل فى المختبر .

٤ – استعمال هواء مرشح فى حجرات عزل المسببات المرضية .

٥ – تعقيم مزارع مسببات الأمراض التى يرغب الباحث فى التخلص منها – فى الأوتوكليف – قبل فتحها لغسيلها .

٦ – الحرص عند تداول العينات ، أو البقايا النباتية ، أو التربة الحاملة لجراثيم الفطريات ؛ لمنع تلوث المختبر بها .

٧ – تنظيف الزجاجيات جيدا بالماء والصابون والفرشاة قبل استخدامها . ويعتبر حامض الكروميك Chromic Acid أكثر المحاليل استخداما لتنظيف الزجاجيات لأغراض

الدراسات الكمية ، وللتخلص مما قد يوجد بها من صبغات . يحضر الحامض بوضع ٢٥٠ مل من حامض الكبريتيك المركز فى دورق مخروطى سعة ٥٠٠ مل ، ووزن ٢٠ – ٣٠ جم من ثانى كرومات البوتاسيوم ، ثم إضافتها ببطء مع التقليب بقضيب زجاجى إلى أن يتفاعل كل حامض الكبريتيك مع الملح المضاف ، ويتبقى ما يزيد منه مترسبا فى قاع الدورق . يخزن حامض الكروميك فى زجاجة حامض ، ويغلق جيدا بسدادة زجاجية ، ويوضع على قاعدة خشبية لاستقبال قطرات الحامض التى قد تنزلق على جانب الزجاجة .

المطهرات

من أكثر المحاصيل المطهرة Disinfecting Solutions استخداماً مايلى :

١ – محلول كلوريد الزئبقيك Mercuric Chloride بتركيز واحد فى الألف :

يستخدم هذا المحلول لتطهير الأيدى ، والأسطح التى يجرى العمل عليها ، والعينات النباتية ، ويحضر بإذابة جرام واحد من كلوريد الزئبقيك فى لتر ماء . وتتوفر أقراص من كلوريد الزئبقيك موزونة سلفا ، وتحتوى على صبغة مميزة للتحذير .

٢ – محلول الهيبوكلوريت Hypochlorite Solution :

يستخدم هذا المحلول فى تطهير العينات النباتية ، ويحضر بإضافة ٣٠ جم من هيبوكلوريت الكالسيوم إلى ٤٢٠ مل ماء ، مع الرج جيدا ، ثم الترشيح فى دورق مخروطى وإغلاقه بإحكام . كما يمكن استخدام الكلوراكس التجارى فى تحضير محلول الهيبوكلوريت بعد تخفيفه بالماء بنسبة ١ : ١٠ ، ويحضر المحلول أولا بأول حسب الحاجة إليه .

ويراعى عند الرغبة فى تطهير العينات النباتية – التى يصعب بلّها تماما بالمحلول المطهر غسلها – بكحول إيثيلى ٧٠ ٪ ، أو بمحلول لمادة مبللة مثل التوين ٢٠ Tween 20 (نقطة أو نقطتان فى لتر ماء) قبل معاملتها بالمطهر .

المعقمات ومعاملات التعقيم

فيمايلى بيان بأهم المركبات الكيميائية ، والمعاملات الفيزيائية التى تستخدم فى التعقيم:

١ - السوائل والمحاليل

أ - الكحولات Alcohols :

إن أهم الكحولات التى تستخدم لأغراض التعقيم هى كحول الإيثيل Ethyl ، والأيزوبروبيل Isopropyl ، والبنزيل Benzyl . ويعاب على الكحولات أنها ليست قاتلة للجراثيم البكتيرية . ويعتبر كحول الإيثيل المطلق (١٠٠ ٪) أقل فاعلية - فى قتل البكتيريا - من الكحول المخفف ببعض الماء . وأفضل تركيز لهذا الغرض يتراوح من ٦٠ - ٨٠ ٪ . وتزداد سمية الكحولات كمعقمات كلما ازداد وزنها الجزيئى ، ولذا .. فإن كحول الأيزوبروبيل أكثر سمية من كحول الإيثيل .

ب - الفينولات Phenols :

تعمل الفينولات إما كمعقمات Germicides ، أو كموقفات لنشاط الكائنات الدقيقة Germistatic ويتوقف ذلك على تركيزها . وتكون بعض الفينولات شديدة الفاعلية ضد الفطريات . وتزداد فاعلية الفينولات عند احتوائها على الكلور أو الهالوجنيات الأخرى . تستخدم الفينولات بتركيزات منخفضة ، وهى سامة للإنسان ويلزم تجنب ملامستها أو استنشاقها .

جـ - المعادن الثقيلة وأملاحها :

إن أهم المعادن الثقيلة هى : الزئبق ، والفضة (وكلاهما قاتل للبكتيريا والفطريات) ، والنحاس (وهو قاتل للفطريات فقط) . تكون هذه العناصر فعالة بتركيزات منخفضة للغاية، تصل فى حالة الفضة إلى جزء واحد فى كل ١٠٠ مليون جزء ، وتكون هذه العناصر مثبطة فقط لنمو الكائنات الدقيقة فى التركيزات الأقل من ذلك .

د - الهالوجينات Halogens :

يعتبر الفلورين أكثر الهالوجنيات سمية ، يليه الكلورين والبرومين ، بينما يعد الأيودين أقلها سمية . وبينما لا يشيع استخدام البرومين لما يسببه من مضايقات للعاملين به ، فإن الكلورين يعد أكثرها استخداما ، ويستخدم لذلك هيبوكلوريت الصوديوم (الكلوراكس

التجارى) ، وهو يتبخر ، لذا .. يلزم تحضيره أولا بأول حسب الحاجة .

٢ - الغازات والأبخرة

إن أكثر المعقمات استخداما على صورة غازات ، أو أبخرة هى تلك التى تستعمل للتخلص من البكتيريا ، وهى : الفورمالدهيد ، والأوزون ، وأكسيد الإيثيلين ، وأكسيد البروبلين، وجميعها تستخدم فى تعقيم العينات النباتية أيا كانت ، حيث توضع فى حيز مغلق مع كمية معينة من المركب (مثلا .. يستعمل ملليلتر واحد من أكسيد البروبلين / لتر من الحيز الذى تجرى فيه عملية التعقيم) ، علما بأن أكسيد البروبلين يتبخر على درجة ٩ر٣٣°م ، بينما يتبخر أكسيد الإيثيلين على ٧ر١٠°م ، و بينما يكون الأول قابلاً للإشتعال ، فإن الثانى متفجر، ولذا .. فإنهما يحفظان دائما فى الثلاجة .

ويحافظ التعقيم بالغازات على المركبات الحساسة للحرارة التى قد تفقد خصائصها المميزة إذا ما عقمت بالحرارة .

٣ - الحرارة

تعتبر " الحرارة الرطبة " Wet Heat (مثل : بخار الماء أو الماء) أكثر فاعلية من الحرارة الجافة Dry Heat (مثل الأفران) فى التخلص من الكائنات الدقيقة عند تساوى درجة الحرارة المستخدمة فى كليهما .

ويكفى - عادة - التعقيم لمدة ١٠ دقائق فى ماء يغلى للتخلص من الطرز الخضرية للكائنات الدقيقة ، ولكن ذلك لايكون كافيا للتخلص من الجراثيم البكتيرية وبعض الجراثيم الفطرية . ويمكن التخلص من غالبية الجراثيم بتعريض البيئة التى يراد تعقيمها لماء يغلى لمدة ٢٠ - ٣٠ دقيقة يوميا خلال ثلاثة أيام متتابعة . كذلك يتم التخلص من معظم الجراثيم لدى التعرض لحرارة ١٢١°م لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة ، وهو ما يجرى فى الأوتوكليف .

ويلزم - عند استخدام الأوتوكليف - التخلص تماما مما يوجد فيه من هواء قبل السماح بزيادة الضغط بداخله ، لأن الهواء يعد عازلا حراريا جيدا . وتحسب الفترة اللازمة للتعقيم - على درجة الحرارة المرغوبة - بعد وصول الحرارة داخل الأوتوكليف إلى تلك الدرجة . وتتوقف فترة التعقيم المناسبة على حجم الدوارق أو الأجسام التى يراد تعقيمها ، حيث تزيد

الفترة طرديا مع الزيادة فى الحجم ؛ لضمان وصول جميع أجزاء المادة المعقمة إلى درجة الحرارة المرغوبة .

هذا .. ويكون التعقيم باستخدام " الحرارة الجافة " – أى فى الأفران – على درجات حرارة أعلى مما يكون عليه التعقيم باستخدام " الحرارة الرطبة " ، فمثلا .. يكون التعرض لدرجة حرارة ١٦٠ ° م لمدة ٦٠ دقيقة فى الفرن مساويا – تقريبا – للتعريض لدرجة حرارة ١٢١°م لمدة ١٠ – ١٢ دقيقة فى الأوتوكليف . وتعقم الزجاجيات ، والزيوت ، والأدوات فى الأفران على درجة ١٦٠ – ١٧٠ °م لمدة ساعة ونصف الساعة إلى ساعتين . ويشترط أن تكون الزجاجيات جافة قبل إدخالها فى الأفران ، وأن يكون تعقيمها قبل الحاجة إليها بوقتٍ كاف ، لكى تنخفض حرارتها إلى درجة حرارة الغرفة .

٤ – الترشيح Filtration

يمكن فصل البكتيريا والكائنات الدقيقة الأكبر منها حجما عن معظم السوائل بالترشيح . وإذا ما أريد الإبقاء على السائل المرشح معقما ، فإنه يتعين تعقيم جهاز الترشيح والإناء الذى يستقبل فيه السائل المرشح قبل إجراء عملية الترشيح . وتعقم بهذه الطريقة جميع السوائل التى يتغير تركيبها إذا ماعقمت بالحرارة أو بالكيماويات .

ويستخدم فى تعقيم السوائل عدة أنواع من المرشحات ، منها ما يلى :

Chamberland Filter .

Diatomaceous Earth Filters.

Asbestos Pad Filter (Seitz) .

Sintered Glass Filters.

Millipore Filters.

Plaster - of - Paris Filters.

تختلف هذه المرشحات فى الشحنة الكهربائية التى تحملها ، وفى سعة ثقوبها ، وفى قدرتها على ادمصاص جزيئات معينة – مثل الإنزيمات والفيروسات – من السوائل التى تمر من خلالها ، و فى صلاحيتها لتكرار استعمالها ، وكذلك فى الوسائل المناسبة لتنظيفها

عقب استخدامها .

٥ - التعريض للإشعاع Irradiation

يتميز التعقيم بالإشعاع بإمكان تجنب التأثير السلبى للحرارة العالية ، وكثير من التغيرات الكيميائية التى يحدثها التعقيم بالحرارة ، أو بالكيماويات . . وتقسم الأشعة التى تستخدم فى التعقيم إلى نوعين كما يلى : -

أ - الأشعة المؤينة Ionizing Radiations :

من أمثلتها أشعة X ، وأشعة جاما Gamma ، وبيتا Beta ، والنيترونات ، والبروتونات ، والديوترونات Deuterons ... إلخ . تستخدم هذه الأشعة فى تعقيم البيئات والأدوات التى يخشى عليها من الحرارة العالية ، وهى تختلف من حيث قدرتها على اختراق الأجسام التى تكون فى طريقها ، وتعد أشعة جاما أكثرها قدرة ، يليها أشعة X .

ب - الأشعة الكهرومغناطيسية والأشعة فوق الصوتية Utrasonic Rays :

من أمثلتها الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet ، وتحت الحمراء Infra Red ، والموجات فوق الصوتية . وليس للأشعة تحت الحمراء تأثير قاتل على البكتيريا باستثناء تأثيرها الحرارى . وأكثر موجات الأشعة فوق البنفسجية تأثيرا هى التى تتراوح من ٢٤٠ - ٢٨٠ مللى ميكروناً . ونظرا لأن قدرتها على اختراق الأجسام محدودة .. لذا فإنها تستخدم فى تعقيم الأسطح والهواء .

طرق تعقيم البذور

يجب أن تكون البذور التى يراد تعقيمها سليمة تماما ، وخالية من الجروح والإصابات الميكانيكية . وتعقم البذور بإحدى الوسائل التالية :

١ - غمر البذور فى مخلوط من الكلوراكس Chlorax ، والإيثانول ٩٥ ٪ بنسبة ١ : ١ لمدة دقية ونصف إلى دقيقتين ، على أن تغسل بعد ذلك مباشرة - عدة مرات - بالماء المعقم، ثم تجفف باستخدام ورق ترشيح معقم .

٢ – وضع البذور فى طبقة رقيقة فى طبق بترى ، ويوضع بجانبها زجاجة ساعة بها ورقة ترشيح مطوية يوضع عليها أربع نقط من البانوجن Panogen (وهو مركب Methyl Mercury dicyandiamide بتركيز ٢ر٢ ٪) . يغطى الطبق ويترك داخل كيس بلاستيكى فى حرارة الغرفة لمدة ٤٨ ساعة ، حيث تصبح البذور بعد ذلك معقمة تماما .

٣ – غمر البذور فى حامض الكبريتيك المركز لمدة ٣٠ دقيقة فى حرارة تقل عن ٢٥°م مع التقليب كل عدة دقائق ، ثم يصفى الحامض ، وتغسل البذور بعد ذلك مباشرة من ثمانى مرات إلى تسع مرات بالماء المقطر المعقم ، على أن تستخدم كميات كبيرة من الماء – خاصة فى المرة الأولى – لتجنب أى ارتفاع حاد فى درجة حرارة البذور . ويلى ذلك غسيل البذور فى ١٠٠ مل من الماء المقطر المعقم المضاف إليه ٢ –٣ مل من ٣٠ ٪ فوق أكسيد الأيدروجين.

تعقيم النيماتودا

يلزم تعقيم النيماتودا عند الرغبة فى نقلها إلى الآجار فى أنابيب الاختبار ، أو عند الرغبة فى إكثارها على مزارع الجذور أو الكالس ، وتتم عملية تعقيم النيماتودا كما يلى :

١ – يحصل على النيماتودا المرغوبة من التربة أو النباتات المصابة باستخدام قمع بيرمان Baermann ، وتبدأ إجراءات التعقيم بعد ذلك مباشرة وهى مازالت فى حالة نشطة.

٢ – تغسل النيماتودا ٤ – ٥ مرات بماء مقطر معقم ، مع ترسيب النيماتودا – بعد كل مرة غسيل – باستخدام جهاز طرد مركزى ، والتخلص من ماء الغسيل (الرائق العلوى) باستعمال ماصة .

٣ – توضع النيماتودا بعد ذلك فى محلول Hibitane diacetate بتركيز ١ر٠ – ٥ر٠ ٪ ، لمدة ٥ – ٢٠ دقيقة ، حيث يستخدم التركيز المنخفض – لفترة طويلة – مع النيماتودا الحساسة للمركب .

٤ – تعقيم النيماتودا الحساسة للـ Hibitane بتعريضها ٤ – ٥ مرات لمخلوط ، مكون من ٢٠٠ جزء فى المليون malachite green ، و١٠٠٠ جزء فى المليون من كبريتات الاستربتومايسين Streptomycin sulfate .

٥ – تنقل النيماتودا بعد ذلك إلى مزارع الكالوس ، أو إلى مزارع الجذور ، ويكون نقل النيماتودا إما مفردة باستخدام إبرة تشريح ، وإما متجمعة بواسطة ماصة . ويمكن تحضير نسيج الكالوس بتطهير بذور البرسيم الحجازى بواسطة محلول السليمانى ، ومعاملة البادرات بالمبيد 2,4 - D بتركيز ٤ مجم / لتر لمدة دقيقة واحدة ، ثم تنميتها لمدة أسبوع على بيئة White فى أنابيب اختبار .

بيئات زراعة مسببات الأمراض

البيئات الشائعة الاستخدام

١ – بيئة البطاطس والدكستروز والآجار Potato – Dextrose – Agar (PDA) :

تستخدم هذه البيئة لمزارع الفطريات بوجه عام ، وتحضر من المكونات التالية :

المكــون	الكميــة
شرائح بطاطس كاملة	٢٠٠ جم
دكستروز	٢٠ جم
آجارمطحون	١٧ جم
ماء	١٠٠٠ مل

تقطع البطاطس إلى شرائح وتوضع فى ٥٠٠ مل ماء على درجة الغليان لمدة ٤٠ دقيقة . يسخن ٥٠٠ مل أخرى من الماء إلى درجة الغليان ، ثم يضاف إليها الآجار المطحون مع التقليب . ويراعى تقليل اللهب أثناء إضافة الآجار حتى لا يحدث فوران . يستمر التقليب لحين ذوبان كل الآجار . يلى ذلك إضافة الدكستروز إلى الآجار ، ثم يضاف إليها مستخلص البطاطس ، ويكمل الحجم إلى ١٠٠٠ مل .

٢ – بيئة البطاطس والدكستروز Potato – Dextrose – Broth (PDB) :

تتشابه تماما مع بيئة الـ PDA ، ولكن ينقصها الآجار ، وبذا .. فهى بيئة سائلة .

٣ – بيئة الآجار المغذى Nutrient Agar (NA) :

تستخدم هذه البيئة لمزارع البكتيريا بوجه عام ، وتحضر من المكونات التالية :

المكون	الكمية
مستخلص اللحم Beef Extract	٣ جم
بيبتون Peptone	٥ جم
آجار	١٧ جم
ماء	١٠٠٠ مل

يسخن الماء إلى درجة حرارة الغليان ، ثم يضاف إليه الآجار ببطء مع التقليب إلى أن يذوب ، ثم تضاف بقية المكونات وتقلب إلى أن تذوب كذلك . ويلى ذلك إكمال حجم المخلوط (البيئة) إلى ١٠٠٠ مل .

٤ – بيئة المرق المغذية Nutrient Broth (NB) :

تتشابه تماما مع بيئة الآجار المغذى ، ولكن ينقصها الآجار ، وبذا .. فهى بيئة سائلة .

٥ – بيئة شوربة الخضار Vegetable Juice (V- 8) :

تفيد هذه البيئة فى تحفيز تجرثم عديد من الفطريات ، وتحضر من المكونات التالية :

المكـــون	الكـمـيـة
مخلوط عصير ثمانية – خضروات V-8 (منتج تجارى)	٢٠٠ مل
آجار	١٧ جم
ماء	٨٠٠ مل

يسخن الماء إلى درجة حرارة الغليان ، ثم يضاف إليه الآجار ببطء مع التقليب إلى أن يذوب ، ثم يضاف العصير . ونظرا لأن العصير يكون حامضياً بدرجة عالية (PH = ٤٫٠).. فإنه يجب رفع الـ pH إلى ٦ –٧ باستخدام أيدروكسيد الصوديوم (1N) .

٦ - بيئة الآجار المائى :

يحتوى الآجار على كميات صغيرة من العناصر الغذائية التى يمكن أن تسمح بالنمو البطىء لبعض الفطريات . وتفيد بيئة الآجار والماء فى إنبات الجراثيم المفردة ، وتحضر بإذابة ١٧ جم من الآجار فى ١٠٠٠ مل ماء عند درجة حرارة الغليان .

٧ - بيئة الآجار ودقيق الشوفان Oatmeal Agar :

تفيد هذه البيئة فى زراعة بعض الفطريات التى تصعب زراعتها مثل الفطريات التى تتبع الجنس Phytopthora ، وهى تحضر من المكونات التالية:

المكــون	الكميــة
دقيق الشوفان	٧٥ جم
آجار	٢٠ جم
ماء مقطر	١٠٠٠ مل

يخلط الدقيق مع ٦٠٠ مل من الماء لمدة خمس دقائق فى خلاط ، ويذاب الآجار فى ٤٠٠ مل من الماء ، ثم يخلط الجزآن . ويراعى رفع درجة حرارة مخلوط الشوفان مع الماء قبل خلطه مع الآجار والماء لمنع تجمدهما السريع . توضع البيئة فى زجاجات يمكن إحكام غلقها (لمنع الفوران) ، ثم تعقم فى الأوتوكليف على درجة ١٢١ °م لمدة ٧٥ دقيقة .

البيئات الانتخابية

يحتاج الأمر أحيانا إلى تحضير بيئات لا تسمح بنمو كائنات دقيقة معينة ؛ كأن تسمح بنمو الفطريات ولاتسمح بنمو البكتيريا أو العكس ، وهى التى تعرف باسم البيئات الانتخابية Selective Media ، فمثلا :

١ - يمكن تثبيط نمو الفطريات مع السماح بنمو البكتيريا بخفض pH البيئة . ويتحقق ذلك بإضافة حامض لاكتيك ٥٠ ٪ بمعدل نقطة واحدة لكل ١٠ - ١٥ مل من البيئة قبل صب البيئة فى أطباق بترى مباشرة .

٢ - يمكن تثبيط نمو البكتيريا مع السماح بنمو الفطريات بإضافة الـ Cristal Violet

إلى البيئة الآجار المغذى – قبل تعقيمها – بمعدل ١ : ٥٠٠٠٠ . كذلك يمكن تحقيق نفس الهدف بإضافة أى من مضادات الحيوية التجارية مثل الاستريتومايسين ، والأوريوميسين ، والبنسلين ... إلخ ، بتركيز يتراوح عادة من ١٠ – ٣٠٠ جزء فى المليون . ويفيد خلط إثنين أو ثلاثة من مضادات الحيوية بالبيئة فى زيادة أعداد الأنواع البكتيرية التى يوقف نموها . ويجب تعقيم محاليل مضادات الحيوية بالترشيح ، وإضافتها إلى البيئات المعقمة عندما تصبح درجة حرارتها حوالى ٤٥°م ؛ أى قبل تصلبها .

هذا .. ويحتاج عديد من المسببات المرضية إلى بيئات خاصة لعزلها وزراعتها ، وتتوفر المئات من أمثلة هذه البيئات التى يمكن الرجوع إليها فى Dhingra & Sinclair (١٩٨٥) .

أوعية البيئات

تُفرّغ البيئات – بعد تحضيرها – إما فى أنابيب إختبار ، وإما فى دوارق مخروطية بأحجام مختلفة . تملأ أنابيب الاختبار إلى مايقرب من ربعها أو ثلثها فقط ، وتغطى بسدادات قطنية . وتستخدم الدوارق المخروطية الصغيرة كمزارع للفطريات والبكتيريا ؛ حيث يوضع فى قاعها طبقة رقيقة من البيئة . أما الدوارق الأكبر حجما فإنها تستخدم فى ملء أطباق بترى بالبيئة . ويكون تعقيم البيئات فى الأوتوكليف بعد تفريغها فى أنابيب الاختبار أو الدوارق المخروطية .

أنابيب البيئات المائلة Slants

لزيادة سطح البيئات فى أنابيب الاختبار(بغرض زيادة المسطح الذى تنمو عليه البكتيريا، أو الفطريات) .. يسمح للبيئات – بعد تعقيمها – أن تتلصب وهى فى وضع مائل . ويجرى ذلك إما بوضع أنابيب البيئات على لوح خاص مائل لهذا الغرض ، وإما بوضع السلال المملوءة بأنابيب البيئات فى وضع مائل . ويراعى فى كلتا الحالتين عدم بل سدادات القطن بالبيئة ؛ لأن ذلك يجعل من الصعب تحريك السدادات من مكانها ، ويزيد من فرصة تلوث البيئات .

تعقيم البيئات

يكون تعقيم كل أنواع البيئات فى الأوتوكليف على ١٢١°م ، وتتوقف المدة اللازمة لاكتمال

التعقيم على حجم أوعية البيئات كما يلى :

الوعاء	المدة
دوارق مخروطية سعة ٢٠٠٠ – ٣٠٠٠ مل	٢٠ دقيقة
دوارق مخروطية سعة ١٠٠٠ – ١٥٠٠ مل	١٥ دقيقة
دوارق مخروطية سعة ٥٠٠ مل	١٢ دقيقة
دوارق مخروطية سعة ١٢٥ – ٢٥٠ مل	١٠ دقائق
دوارق مخروطية سعة ٥٠ مل	٣ – ٦ دقائق
أنابيب اختبار	٣ – ٦ دقائق

الماء المعقم

يطلق على أنابيب الاختبار التى يحفظ فيها الماء المعقم(ماء الصنبور أو الماء المقطر) اسم Water Blanks . ويوضع عادة نحو ١٠ – ١٥ مل من الماء فى كل أنبوبة اختبار ، ثم تغلق بالقطن وتعقم . كما قد تستخدم أحجام مختلفة من الدوارق المخروطية لنفس الغرض . وتفيد الـ Water Blanks فى تخفيف البيئات المعقمة ، وفى تحضير معقمات البكتيريا أو الجراثيم الفطرية ... إلخ .

عزل المسببات المرضية

عزل الفطريات

لعزل الفطريات من النباتات ، فإن الأجزاء المصابة تغسل أولا فى الماء مع مسحوق الصابون ، ثم تجفف بين مناشف ورقية . ويراعى أن تكون عملية الغسيل لفترة قصيرة بالنسبة للأعضاء النباتية الرهيفة كالأوراق الرقيقة وبتلات الأزهار ، بينما قد يستمر الغسيل لمدة ساعة إلى ساعتين فى ماء جار بالنسبة للجذور .

ويلى غسيل الأجزاء النباتية تطهيرها سطحيا إما باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم (الكلوراكس التجارى) بتركيز ٥ – ١٠ ٪ ، وإما باستخدام كلوريد الزئبقيك (محلول السليمانى) بتركيز ١ : ٥٠٠ ، أو ١ : ١٠٠٠ . وتتراوح مدة المعاملة من عدة ثوان إلى عدة

دقائق حسب العضو النباتى وتركيز المحلول المطهر . كما يمكن تطهير الأنسجة الخشبية بغمسها فى كحول إيثيلى ٧٠ ٪ ثم إشعال الكحول . تنقل أجزاء صغيرة من الأنسجة النباتية المصابة إلى سطح بيئة مغذية فى أطباق بترى ، ثم توضع فى الحضان على درجة ٢٠ – ٢٥ °م لمدة ٥ – ١٠ أيام . تستخدم بيئة البطاطس والدكستروز والآجار بصورة روتينية لهذا الغرض ، بينما تستخدم بيئات خاصة لفطريات معينة ؛ فمثلا تستخدم بيئة الآجار والماء لعزل فطر الـ Pythium .

هذا .. ويمكن نقل التراكيب الفطرية التى توجد على النباتات المصابة – كالأجسام الحجرية ، والميسيليوم ، والجراثيم – مباشرة إلى بيئة الآجار . فمثلا يمكن التقاط الأجسام الحجرية وتعقيمها سطحيا ، والتقاط الجراثيم الكبيرة بإبرة تشريح معقمة ، أو أخذ جزء من الجراثيم الكلاميدوسبورية لفطريات التفحم وتخفيفها بالماء قبل نقلها إلى المزارع فى أطباق بترى .

عزل البكتيريا

لعزل البكتيريا من النباتات تغسل الأجزاء المصابة بالماء ، وتجفف كما سبق بيانه بالنسبة للفطريات . يلى ذلك قطع أجزاء صغيرة من الأنسجة المصابة لعمل سلسلة من التخفيفات ، ويتم ذلك إما بوضع الجزء المصاب فى عدة نقاط من الماء المعقم فى طبق بترى، ثم تنقل نقطة منه إلى عدة نقاط من الماء المعقم فى طبق بترى آخر ، وإما بإجراء التخفيف باستخدام سلسلة من أنابيب الاختبار التى يوضع بكل منها ٩ مل من الماء المعقم يضاف إليها مل واحد من المعلق البكتيرى للتخفيف السابق . تستخدم هذه التخفيفات فى زراعة البكتيريا على بيئة الآجار المغذية ، ثم تحضن المزارع على درجة ٢٠ – ٢٥°م لمدة ٥ – ٧ أيام .

هذا .. وقد تغسل الأجزاء النباتية المصابة وتعقم سطحيا ، ثم تزرع مباشرة على بيئة الآجار المغذية كما أسلفنا ، أو قد يؤخذ النمو البكتيرى Bacterial Ooze مباشرة – إن كان ظاهرا – ويخفف ، ثم يزرع على البيئة .

عزل سلالات مفردة من الفيروسات

يمكن الحصول على سلالات مفردة من الفيروسات بعمل عدوى من البقع الصفراء اللون – فى الأوراق المصابة بالموزايك – أو من البقع المحلية Local Lesions ، لتوفُّر عديد من الأدلة على أن كل بقعة محلية تنشأ من جزىء واحد من الفيرس ، وبذا .. فإن استخدام البقع المحلية فى عدوى نباتات تحدث بها إصابات جهازية يعد طريقة عملية لإكثار سلالات الفيرس . ويتعين عند اتباع هذه الطريقة أن تكون البقع المحلية واضحة ومحددة ، وأن يتم اختيار أفضل العوائل لهذا الغرض ، فمثلا : نجد أن N. glutinosa وبعض أصناف الفاصوليا تكون صالحة لعزل سلالات فيرس موزايك التبغ (عن Smith ١٩٧٧) .

ويقدم Kiraly وآخرون (١٩٧٤) عرضا للأسس العامة التى تراعى عند تنقية الفيروسات النباتية ، مع شرح مفصل لطرق تنقية فيرس موزايك الدخان .

عزل النيماتودا

تعزل النيماتودا من التربة والنبات بأخذ عينات من الجذور النباتية والتربة المحيطة بها تمثل الأربعين سنتيمتراً العلوية من التربة . وتحفظ العينات فى أكياس بلاستيكية ، ويراعى عدم تعرضها للجفاف ، أو للحرارة العالية لحين عزل النيماتودا منها ، وهو الأمر الذى يتعين إجراؤه فى غضون ٢٤ ساعة من جمع العينات .

أولا : عزل النيماتودا من التربة

تتبع عدة طرق لعزل النيماتودا من التربة ، وهى تعتمد على أحجام النيماتودا التى تتباين حسب نوعها ، وحسبما إذا كانت ذكرا أم أنثى ، كما فى جدولى (٣-١) ، و (٣-٢) .

١ – الحوصلات Cysts :

تمر حوصلات (الإناث البالغة) للجنس Heterodera خلال مناخل مقاسها ٢٥ مش mesh (أى المناخل التى توجد بها ٢٥ ثقباً فى البوصة الطولية) ، ولكنها تبقى على المناخل التى يكون مقاسها ٦٠ مش . هذا .. وتطفو الحوصلات الجافة على سطح الماء ، ولذا .. يتم أحيانا فصل الحوصلات بتجفيف عينة التربة ، ثم تقليبها جيدا فى كمية كبيرة من الماء ، ثم تفريغها على منخل مقاس ٢٥ مش ، مثبت على منخل آخر مقاس ٦٠ مش ،

حيث تتجمع الحوصلات على المنخل الأخير . ويمكن تجميع الحوصلات غير الجافة بتفريغ معلق التربة فى الماء خلال المنخلين .

جدول (٣ -١) : أحجام مراحل النمو المختلفة لبعض أنواع النيماتودا .

النيماتودا	الأبعـــاد			
	البيض	اليرقات	الإناث البالغة	الذكور البالغة
Meloidogyne spp. نيماتودا تعقد الجذور	١١٥ × ٥٥ ميكرون	(٥٠٠ - ٦٠٠) × (٢٠ - ٢٥) ميكرون	(٢٢٠ - ٤٠٠) × (٥٠٠ - ٨٠٠) ميكرون	—
Belonolaimus spp. النيماتودا الواخذة			٢٫١٥ مم × ٤٠ ميكرون	١٫٧ مم × ٣٥ ميكروناً
Paratylenchus minutus النيماتودا الدبوسية	١٥ × ٤٠ ميكروناً		(١٢ - ١٥) × (٢٤٠ - ٣١٠) ميكروناً	(٩ - ١٠) × (٢٢٠ - ٢٧٠) ميكروناً
Xiphiena index النيماتودا الخنجرية			٣٫٤٠ مم	٤٫٦ مم × ٧٥ ميكروناً

جدول (٣-٢) : مقاسات وسعة ثقوب المناخل المستخدمة فى عزل النيماتودا .

المقاس : رقم الشبكة mesh(أ)	سعة الفتحات (ميكرون)	الاستخدامات
٢٠	٨٤٠	تحجز عليها المخلفات النباتية وحبيبات التربة الكبيرة
٦٠	٢٥٠	تحجز عليها حوصلات النيماتودا
١٠٠	١٤٧	تحجز عليها النيماتودا الكبيرة الحجم
٢٠٠	٧٤	تحجز عليها النيماتودا من معظم الأحجام ماعدا الصغيرة جداً
٢٧٠	٥٣	تحجز عليها النيماتودا من جميع الأحجام ، ويمر السلت المعلق فى الماء من خلالها بسهولة
٣٢٥	٤٤	تحجز عليها النيماتودا من جميع الأحجام ، ويمر السلت المعلق فى الماء من خلالها ببطء .

(أ) عدد الفتحات فى البوصة الطولية .

٢ – الديدان الثعبانية :

تعزل الديدان الثعبانية من عينات التربة باستخدام الطرق والأجهزة التالية :

أ – قمع بارمان Baermann Funnel :

يتكون قمع بارمان من قمع زجاجى ذى ساق زجاجية قصيرة مثبت بها أنبوبة مطاطية قصيرة يمكن فتحها أو إغلاقها بواسطة مشبك ، و يثبت فى فوهة القمع شبكة سلكية أو بلاستيكية واسعة الفتحات ، يوضع عليها نسيج مسامى رقيق كالحرير أو الكلينكس . توضع عينة التربة على النسيج المسامى ، ويضاف الماء بالقدر الذى يكاد يبلل هذا النسيج . حينئذ تتحرك النيماتودا النشطة من العينة لتنفذ من خلال المسام إلى ساق القمع ؛ لتستقر – بفعل حركتها والجاذبية الأرضية – فوق مستوى المشبك فى الأنبوبة المطاطية . وبذا .. فإنها تتجمع فى معلق مركز خال تقريبا من حبيبات التربة والشوائب . تسحب النيماتودا من هذا المعلق حسب الحاجة ، حيث تؤخذ العينات بعد مرور ٦ – ٧٢ ساعة من البداية .

تؤثر درجة حرارة الماء ومحتواه من الأكسجين فى نشاط وحركة النيماتودا ، ولذا .. فإن إضافة أزرق الميثيلين تزيد من كفاءة عملية عزل النيماتودا بزيادة توفيره للأكسجين .

يوضع فى كل قمع بقطر ١٠ سم ملء ملعقتين صغيرتين من عينة التربة . وإذا سقطت بعض حبيبات التربة فى قاع الأنبوبة المطاطية فى بداية العمل يمكن التخلص منها بفتح المشبك .. وجدير بالذكر أن النيماتودا غير النشطة والنيماتودا الميتة لا تمر من خلال النسيج المسامى .

ب – الترسيب والنخل Decanting and Sieving :

يجرى عزل النيماتودا من عينات التربة بطريقة الترسيب والنخل كما يلى :

(١) توضع عينة تربة تقدر بنحو ٣٠٠ – ٤٠٠ سم٣ فى دلو .

(٢) يضاف نحو لترين من الماء إلى العينة وتقلب جيدا ، مع تكسير كل القلاقيل .

(٣) يترك المخلوط لمدة ٣٠ ثانية حتى تترسب حبيبات التربة الكبيرة الحجم .

(٤) ينخل الرائق خلال منخل مقاس ٢٠ – ٢٥ مش فى دلو آخر ، ويتم التخلص من البقايا التى تتجمع عليه .

(٥) تكرر الخطوات من ١ – ٤ مرتين إلى خمس مرات حسب الحاجة إلى عزل كل النيماتودا الموجودة فى العينة .

(٦) يتم التخلص من الرواسب الموجودة فى الدلو الأول و يغسل بالماء .

(٧) يفرغ المعلق الموجود فى الدلو الثانى خلال منخل مقاس ٦٠ مش فى الدلو الأول .

(٨) تغسل المتبقيات المحجوزة على المنخل (مقاس ٦٠ مش) ، وتنقل إلى كأس زجاجى . يحتوى هذا الجزء على الحوصلات التى قد تكون موجودة فى عينة التربة .

(٩) يفرغ المعلق الذى مر خلال المنخل (مقاس ٦٠) ببطء خلال منخل مقاس ٢٠٠ أو ٢٧٠مش ، مع جعله مائلا ليتسنى جمع النيماتودا عند حافته .

(١٠) يمكن غسيل المتبقيات على المنخل (مقاس ٢٠٠ أو ٢٧٠ مش) فى كأس زجاجية برذاذ خفيف من الماء يوجه نحو الجانب الخلفى للمنخل ، أو قد يمكن تصريف الماء الزائد الذى تتجمع فيه النيماتودا على حافة المنخل ثم نقل النيماتودا باستخدام ملوق .

جـ – الترسيب والنخل مع قمع بارمان :

توضع النيماتودا – بعد تجميعها بالترسيب والنخل – فى قمع بارمان ، وبذا .. يمكن عزل نيماتودا خالية من السلت بدرجة أكبر مما لو اتبعت أى من الطريقتين منفردة .

ثانياً : عزل النيماتودا من العينات النباتية

يمكن عزل النيماتودا من الأنسجة النباتية بأى من الطرق التالية :

١ – الفحص المباشر بالمنظار الثنائى binocular ، وإخراج النيماتودا من النسيج المصاب .

٢ – باستخدام قمع بارمان .

٣ – بنقع الجذور المصابة فى طبقة رقيقة من الماء لا تغطى الجذور ، ثم جمع النيماتودا – التى تخرج إلى الماء – بعد نحو ١٢ ساعة ، ويستمر ذلك لعدة أيام .

٤ – برش الجذور المصابة برذاذ من الماء على فترات ، واستقبال ماء الرش على منخل مقاس ٢٠ ، ثم فى إناء واسع .تترسب النيماتودا فى قاع الإناء؛ حيث يمكن تصريف الجزء العلوى واستقبال الراسب السفلى – الذى يحتوى على النيماتودا – فى كأس زجاجية .

ويمكن جمع أعداد كبيرة من بيض ويرقات نيماتودا تعقد الجذور لاستخدامها فى العدوى

واختبارات التقييم ، وتتباين الطريقة المتبعة لذلك حسبما إذا كانت كتل البيض الظاهرة من الجذور قليلة ، أم كثيرة ، كما يلى :

١ - عندما تكون كتل البيض الظاهرة من الجذور قليلة :

تغسل الجذور المصابة وتقطع إلى أجزاء صغيرة بطول حوالى ٥مم . يوضع ٥ جم من هذه القطع فى خلاط كهربائى منزلى مع ٥٠٠ مل من الماء ، ويشغل الخلاط على سرعة منخفضة لمدة ١٥ ثانية . يرشح المعلق الناتج خلال منخل ذى ثقوب بقطر ملليمتر واحد ، ثم فى منخل آخر ذى ثقوب قطرها يتراوح من ٠١ر٠ - ٠٣ر٠ مم ، يلى ذلك غسيل الجزء المتبقى على المنخل الثانى جيدا بالماء ، ثم ينقل بالماء أيضا إلى أنبوبة جهاز طرد مركزى ، ويضاف إليه نحو واحد سنتيمتر مكعب من مسحوق الكولين Kaolin ، وبعد الخلط الجيد ، يعرض المخلوط للطرد المركزى لمدة ٥ دقائق ، ثم يفرغ الجزء الرائق العلوى ، ويضاف للراسب محلول سكر (سكروز) ذو كثافة نوعية ١٥ر١ ، ويقلب المخلوط جيدا ، ثم يعرض للطرد المركزى لمدة ٤ دقائق . يتجمع البيض فى قمة الأنبوبة ؛ حيث يمكن استقباله على منخل دقيق .

٢ - عندما تكون كتل البيض الظاهرة من الجذور كثيرة :

تقلب الجذور المصابة فى الماء جيدا مع الطرق عليها لإسقاط ما بها من كتل بيض فى الماء . وتجمع كتل البيض والشوائب الأخرى على منخل مقاس ٦٠ مش (ذى فتحات ٤٢ر٠مم) . يلى ذلك ضرب كتل البيض فى خلاط كهربائى مع ٥٠٠ مل من محلول ١ ٪ هيبوكلوريت الصوديوم لمدة ٤٠ ثانية بغرض فصل البيض من كتل البيض . يفصل البيض بعد ذلك عن الشوائب الكبيرة بإمرار المعلق المحتوى على البيض خلال منخل مقاس ١٠٠ مش (ثقوب قطرها ١٤٩ر٠ مم) ، ثم خلال منخل آخر مقاس ٤٠٠ مش (ثقوب قطرها ٠٣٧ر٠ مم) . ويلى ذلك جمع البيض من على المنخل الأخير بالماء ، ثم تعريضه للطرد المركزى بالماء ، ثم مع محلول السكروز (٤٥٤ جم سكروز / ١٠٠٠ مل ماء) ، ثم الغسيل ، وإزالة الشوائب الصغيرة (عن Taylor & Sasser ١٩٧٨) .

ولمزيد من التفاصيل عن عزل الأنواع المختلفة من النيماتودا من التربة والأنسجة النباتية

يراجع Goody (١٩٦٣) ، و Mckenry & Roberts (١٩٨٥) .

نمو الكائنات الدقيقة فى المزارع

يتخذ منحنى النمو growth curve مع الزمن فى مزارع الكائنات الدقيقة – خاصة الوحيدة الخلية كالبكتيريا – الوضع المبين فى شكل (٣ – ١) . فبعد فترة قصيرة من التوقف عن الانقسام والنمو lag- phase (أ) .. تكون الزيادة فى أعداد الخلايا – مع الوقت – لوغاريتمية Logarithmic (أوأُسِّية exponential ، ب) ، و يلى ذلك فترة (جـ) تكون فيها العلاقة خطية Linear بين أعداد الخلايا والوقت ، ثم تتبعها فترة (د) ينخفض فيها معدل الزيادة . وتعرف المرحلة الأخيرة أحيانا باسم الشيخوخة Senescence ، وهى تحدث نتيجة لاستهلاك الغذاء ، أو بسبب تراكم مركبات سامة للنمو . ويعرف المنحنى (١) فى شكل (٣ –١) بالاسم Sigmoid (على شكل حرف S) ، وهو شكل النمو الطبيعى الغالب فى جميع الكائنات الحية وأعضائها المفردة .

وجدير بالذكر أنه إذا أخذت عدة خلايا من مزرعة فى مرحلة شيخوخة ، ونقلت إلى مزرعة جديدة .. فإنها تبدأ مرحلة جديدة من النمو السيجمويد . أما المنحنى (٢) فى شكل (٣ –١) فيوضح العلاقة بين الزيادة فى أعداد الخلايا فى وحدة الزمن ، مع تقدم المزرعة فى العمر .

ويمكن التعبير عن الزيادة فى أعداد الخلايا خلال مرحلة النمو اللوغاريتمى بالمعادلة التالية :

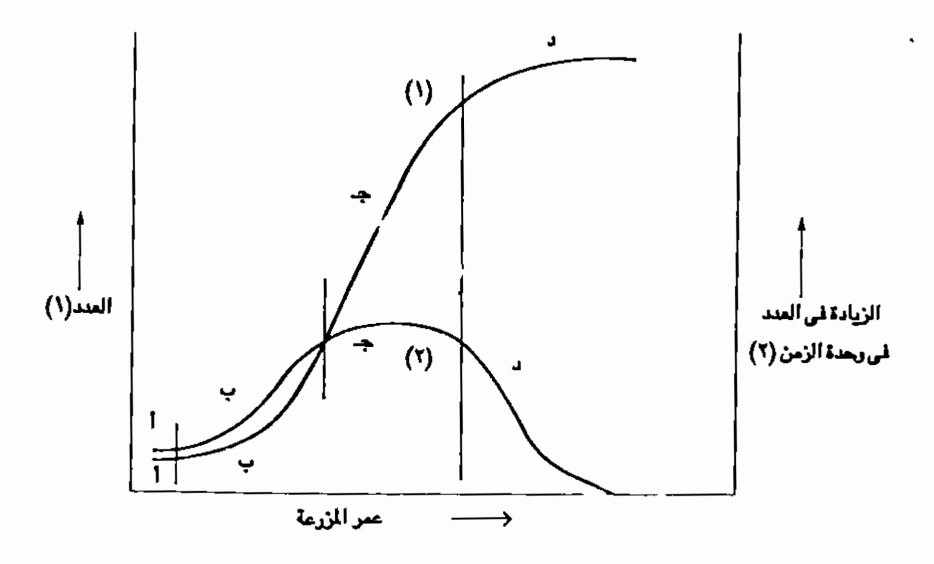
$$\log n_t = \log n_o + Kt$$

حيث :

n_o = عدد الخلايا فى البداية .

n_t = عدد الخلايا بعد زمن t .

K = ثابت (عن Birkett ١٩٧٩) .



شكل (٣-١) : منحنى نمو مزارع الكائنات الدقيقة مع الزمن .

طرق تقدير تركيز المعلق البكتيرى المستخدم فى العدوى الصناعية

تُستخدم لأجل تقدير المعلقات البكتيرية المستعملة فى العدوى الصناعية للنباتات طريقتان رئيسيتان ، هما :

أولاً : طريقة تقدير تعتمد على كثافة المعلق Turbidimetric Measurements

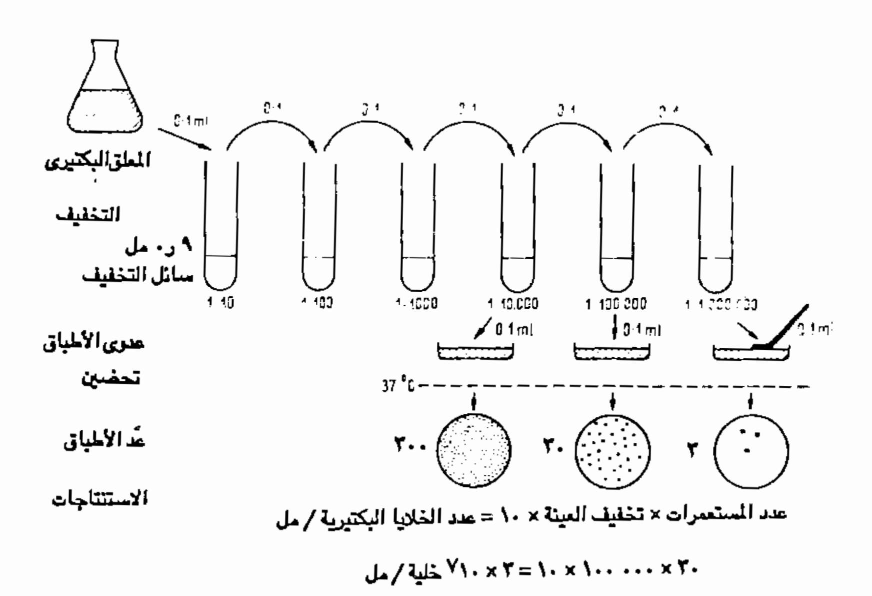
تتميز هذه الطريقة بسرعتها وبساطتها ، ولكن يعاب عليها أنها تعطى تقديرا لتركيز الخلايا البكتيرية الحية والميتة على حد سواء ، مع ضرورة معايرة الجهاز المستخدم عند قياس تركيز كل نوع من الأنواع البكتيرية . تعرف القياسات التى تسجل لتركيز المعلق البكتيرى باسم Photoelectric Measurements ، ويستخدم فى قياسها جهاز الـ Densiometer ، أو الـ Colorimeter، أو Spectrophotometer

وتعتمد فكرة قياس التركيز فى هذه الأجهزة على وضع أنبوبة زجاجية تحتوى على المعلق البكتيرى فى طريق شعاع من الضوء ، ثم قياس كمية الضوء التى تنفذ خلاله وتصل إلى

خلية ضوئية ، حيث يمكن الحصول على تقدير لعدد الخلايا البكتيرية فى كل ملليلتر من المعلق من العلاقة الخطية العكسية التى تربط بين عدد الخلايا ، وشدة الضوء الذى ينفذ من المعلق ، والتى يتم التوصل إليها من دراسات أولية تجرى لكل نوع بكتيرى على حدة . ويراعى دائما ضبط الجهاز على الصفر بوضع أنبوبة مملوءة بالماء أو بالبيئة السائلة قبل وضع الأنبوبة المحتوية على المعلق البكتيرى فى الماء ، أو فى البيئة السائلة ، على التوالى .

ثانيا : طريقة العد فى الأطباق Plant count Techuique

يجرى تخفيف تركيز المعلق البكتيرى بسلسلة من التخفيفات كما هو مبين فى شكل (٣-٢) . تؤخذ عينات معلومة الحجم من المعلق البكتيرى من التخفيفات الثلاثة الأخيرة ، وتفرد على بيئة مناسبة فى طبق بترى ، وتترك لتنمو فيها البكتيريا ، حيث يمكن - من عدد المستعمرات البكتيرية النامية - التوصل إلى تركيز الخلايا البكتيرية فى المعلق الأصلى .



شكل (٣-٢) : طريقة عَد المستعمرات البكتيرية فى الأطباق لتقدير تركيز المعلقات البكتيرية .

يراعى عند اتباع هذه الطريقة استخدام ماصات مختلفة عند إجراء التخفيفات المتتابعة ، و عند نقل جزء من المعلقات المخففة إلى أطباق بترى ، مع نشر المعلق على البيئة باستخدام قضيب زجاجى على شكل حرف L . يعقم القضيب الزجاجى أولا بغمسه

فى الكحول ، ثم إشعال الكحول العالق به . ويمكن استخدام نفس القضيب الزجاجى إذا بدأ العمل بأكبر التخفيفات (أقل تركيز للخلايا البكتيرية) ، ثم تقدم نحو التخفيفات الأقل منها (Kiraly وآخرون ١٩٧٤) .

يعاب على هذه الطريقة أنها تحتاج إلى يومين على الأقل لتنفيذها ، مع ما يتطلبه ذلك من جهد ، بالإضافة إلى أنها تعطى - بعد يومين من العدوى - تقديرا لتركيز المعلق البكتيرى الذى استخدم بالفعل ، وبذا .. لا يمكن استخدامها فى التحكم فى تركيز المعلق البكتيرى الذى يرغب فى استخدامه .

طرق حفظ مزارع مسببات الأمراض

تحتاج دراسات التربية لمقاومة الأمراض إلى الإلمام بوسائل حفظ مزارع الفطريات والبكتيريا لفترات طويلة ؛ لأن ذلك يفيد فى الأمور التالية :

١ - استخدام نفس السلالة فى الدراسات الوراثية فى أى وقت يكون الباحث فى حاجة إليها .

٢ - تجنب تكرار زراعة المسبب المرضى ، وبذا .. تقل فرص تلوثه ، وتغير تركيبه الوراثى بالطفور .

مزارع الفطريات والبكتيريا

من أهم طرق إدامة وحفظ المزارع الفطرية والبكتيرية ما يلى :

١ - النقل الدورى Periodic Transfer :

يسمح بنمو المزارع الفطرية أو البكتيرية فى بيئة آجار بأنابيب اختبار ، ثم تخزن بعد ذلك إما فى الثلاجة على درجة ٥°م - وهو ما يحدث غالبا - وإما فى درجة حرارة الغرفة بالنسبة لبعض المسببات المرضية .

وتتخذ أثناء فترة التخزين الاحتياطيات التى تمنع جفاف البيئات ، أو تلوثها ، فتغطى أنابيب البيئات جيدا بورق الألومنيوم ، أو بالورق المشمع ، أو بالبارافين ، ولكن يجب عدم

إحكام الغطاء فى حالات المزارع التى تكون نشطة فى نموها . وتعقم السدادات القطنية جيدا قبل تغطيتها إما بتعريضها للهب (مع سرعة إطفائها) ، وإما ببلها ببضع نقاط من ١٪ كلوريد الزئبقيك فى مخلوط من كحول الإيثايل النقى والجليسرول بنسبة ٩٥ : ٥ . يمنع هذا الإجراء تلوث البيئات بالفطريات ، وبالأكاروس الذى يحمل معه عديدا من الكائنات الدقيقة .

وتختلف الفترة التى تمر قبل تجديد زراعة المزارع ، ونقلها إلى بيئات جديدة من مرة كل ٧ – ١٥ يوما إلى كل ٦ – ١٢ شهرا تبعا لطبيعة الكائن الدقيق المستخدم . وتتطلب هذه الطريقة جهدا كبيرا ، ولكنها تكون هى الطريقة المفضلة فى غياب أية معلومات عن مدى صلاحية الطرق الأخرى لتخزين وإدامة الكائنات الدقيقة التى يستعملها الباحث .

٢ – التخزين تحت الزيت :

تخزن بهذه الطريقة المزارع القوية النشطة التى تكون فى بيئات الآجار فى أنابيب الاختبار ، حيث تغطى بزيت معدنى معقم مثل زيت البارافين الذى يمنع فقدان الماء من البيئة فلا تجف ، ويمنع وصول الأكسجين إلى المزرعة فيحدّ من نشاطها الأيضى . تخزن أنابيب المزارع بعد ذلك عمودية على ٥°م غالبا . ويتطلب اتباع هذه الطريقة فى تخزين المزارع مراعاة ما يلى :

أ – أن يكون الزيت المعدنى ذا درجة نقاء عالية تماثل تلك المستخدمة فى الأغراض الطبية .

ب – يجب تعقيم الزيت فى الأوتوكليف على درجة ١٢١°م لمدة ساعتين ، ثم يجفف فى الفرن على درجة ١٧٠°م لمدة ساعة إلى ساعتين .

جـ – أن تكون تغطية البيئة بالزيت تامة ؛ حتى لا تشكل الأجزاء غير المغطاة منفذا لتبخر الماء منها . هذا .. وتعيش معظم المزارع الفطرية والبكتيرية المحفوظة بهذه الطريقة لفترات أطول بكثير مما فى الطريقة الأولى ، حيث لا يتطلب الأمر إعادة زراعتها إلا كل عدة سنوات .

٣ – التخزين فى الماء :

تخزن بعض الأنواع البكتيرية مثل Pseudomonas solanacearum فى الماء المقطر لفترات طويلة جدا تصل إلى تسع سنوات . وتتبع هذه الطريقة فى تخزين عديد من الأنواع البكتيرية حيث لا يتطلب الأمر أكثر من نقل جزء يسير من النمو البكتيرى إلى أنابيب الماء المعقم ، ثم تخزن الأنابيب بعد ذلك فى درجة حرارة الغرفة ، أو على ٥°م . كذلك تنجح هذه الطريقة مع بعض الفطريات ، حيث يُنقل إلى أنابيب الماء جزء متجرثم من المزرعة الفطرية .

٤ – التخزين فى التربة أو الرمل :

تخزن المزارع الفطرية فى التربة ، أو الرمل ، أو الفيرميكيوليت المعقم بإضافة نحو ملليلتر واحد من معلق كثيف لجراثيم الفطر الكونيدية إلى ٥ جم من الوسط المستخدم فى التخزين (التربة أو الرمل ... إلخ) فى أنبوبة اختبار ، مع مراعاة تعقيم الوسط – وهو فى أنبوبة الاختبار – قبل إضافة المعلق الفطرى إليه . يلى ذلك التجفيف على درجة حرارة الغرفة ، ثم التخزين فى الثلاجة . تفيد هذه الطريقة فى تخزين الفطريات التى تفقد ضراوتها عند تكرار زراعتها فى بيئات مغذية ؛ مثل فطر الفيوزاريم Fusarium ، لأنها لاتحفز حدوث أية تغيرات وراثية ، ويمكن بواسطتها تخزين المزارع الفطرية بنجاح لمدة ٢ – ٦ سنوات .

٥ – التجفيف :

يفيد التجفيف السريع فى حفظ مزارع عديد من الفطريات لفترات طويلة يمكن أن تزيد على ١٥ عاما . ويشترط لنجاح التخزين بهذه الطريقة ما يلى :

أ – أن يكون التجفيف سريعا كأن يكون تحت تفريغ ، أو فوق إحدى المواد المجففة .
ب – أن تحفظ المزرعة وهى مخلوطة مع مواد حامية لها مثل الحليب أو سيرم الدم .
جـ – التخزين فى الثلاجة بعد اكتمال التجفيف .

ويستخدم – لهذا الغرض – قطرة من المعلق الفطرى ، تخلط مع قطرة من السيرم فى أنبوبة اختبار صغيرة توضع فى أنبوبة أكبر هى التى توضع بها المادة المجففة ، مع إحكام إغلاق الأنبوبة الكبيرة .

٦ – التجفيف مع التجميد Freeze - drying أو التجفيد Lyophilization :

يجرى التجفيد بوضع كمية صغيرة من المعلق الخلوى للمزرعة الفطرية أو البكتيرية فى أنبوبة زجاجية خاصة وتجميدها بسرعة ، ويلى ذلك تجفيف العينة بتعريضها لتفريغ شديد حيث يتسامى الماء المجمد ويتبخر فى الحال ، ثم تغلق الأنبوبة بإحكام وهى لاتزال تحت التفريغ الشديد . وتخزن الأنابيب بعد ذلك فى الثلاجة على درجة ٣ – ٥°م .

هذا .. ويتم التبريد الأولى السريع بوضع الأنابيب فى الأسيتون أو الإيثانول مع الثلج الجاف ، وتعلق المزارع فى محلول ٢٠ ٪ جلوكوزاً أو سكروزاً . وقد يحتاج الأمر إلى عملية التبريد الأولى ؛ لأن التفريغ الشديد يحدث هذا التأثير .

الفيروسات

يمكن حفظ الفيروسات النباتية بإحدى الطرق التالية :

١ – الإبقاء على الفيروسات فى عوائل مناسبة بصورة دائمة، وهذه الطريقة هى الأكثر شيوعاً . ويتم ذلك – فى حالة العوائل غير المعمرة – بتكرارعدوى نباتات جديدة من العائل بالفيرس على فترات .

٢ – حفظ الأجزاء النباتية المصابة بالفيرس فى أكياس بلاستيكية على درجة ٢٠°م ، إلا أن الفيرس يفقد قدرته على إحداث الإصابة مع تكرار عمليتى تجميد وفك thawing النسيج النباتى المصاب .

٣ – تجفيف الأوراق النباتية المصابة بالفيرس – بسرعة – وتخزينها فوق كلوريد الكالسيوم على درجة صفر – ٤°م . يستخدم لذلك كلوريد كالسيوم محبب بقطر ٥ – ١٥ مم ، يوضع فى قاع وعاء زجاجى ، ثم يغطى بطبقة رقيقة من القطن أو المناشف الورقية (كلينكس) ، ويوضع عليها من ٥ – ١٠ جم من عينة الأوراق المصابة بالفيرس بعد تجزيئها إلى قطع صغيرة باستخدام شفرة حلاقة نظيفة . ويلى ذلك إحكام إغلاق الوعاء الزجاجى بالبرافين . ولأجل تجفيف عينة الأوراق المصابة تماما .. يلزم فتح الوعاء الزجاجى عدة مرات ، واستبدال بللورات كلوريدالكالسيوم الموجودة به بأخرى جديدة .

٤ – التجفيد Freeze Drying .

إقامة الدليل على التطفل

يلزم لإقامة الدليل على أن كائنا مرضيا معينا هو المسئول عن الإصابة بمرض ما أن ينطبق على هذه الحالة أربعة شروط أو مبادىء تعرف باسم شروط أو مسلمات كوخ Koch's Postulates ، وهى كما يلى :

١ – ارتباط جملة أعراض المرض دائما بوجود الكائن المرض .

٢ – ضرورة عزل الكائن الدقيق الممرض ، وزراعته مستقلا عن النبات ، وتعريف خصائصه .

٣ – ظهور نفس أعراض المرض عند عدوى نباتات سليمة بهذا الكائن الدقيق .

٤ – عزل الكائن الدقيق مرة أخرى من النبات المعدى ، وإثبات أنه مطابق للكائن الذى استخدم فى العدوى .

وتستثنى القاعدة الثانية (الخاصة بضرورة عزل وزراعة الكائن الدقيق) – بالنسبة للمسببات المرضية الإجبارية التطفل – من شرط إقامة الدليل على التطفل ، حيث يكتفى إما بدراسة الكائن الدقيق ميكروسكوبيا واستخدام جراثيمه – التى تجمع من النباتات المصابة – فى العدوى مباشرة ، كما فى فطريات البياض الزغبى والبياض الدقيقى ، وإما بتنقيته كما فى حالة الفيروسات ، و إما بعزلة واستخدامه فى العدوى دونما حاجة إلى زراعته كما فى حالة النياتودا .

ولتحقيق الجزء الأخير من الشرط الثانى من قواعد كوخ ، وهو الخاص بدراسة خصائص المسبب المرضى بعد عزله بعيدا عن النبات .. يلزم أن يكون المربى على دراية ببعض الاختبارات التى تجرى فى هذا الشأن ، والتى يمكن الرجوع إليها فى المراجع المتخصصة، مثل :

المرجع	الموضوع
Noordam (١٩٧٣)	طرق التعرف على الفيروسات المسببة للأمراض النباتية .
Kiraly وآخرون (١٩٧٤)	مرجع رئيسى لأهم الاختبارات التى تجرى للتعرف على خصائص المسببات المرضية ، خاصة البكتيرية والفيروسية .
١٩٧٨ Taylor & Sasser	شرح مفصل لطرق التعرف على أهم أنواع نيماتودا تعقد الجذور وسلالاتها .
Schaad (١٩٨٠)	اختبارات التعرف على البكتيريا المسببة للأمراض النباتية .
Lelliott & Stead (١٩٨٧)	اختبار التعرف على الأمراض البكتيرية ومسبباتها .

تقدير أعداد البكتيريا فى الانسجة النباتية المصابة

يلزم أحيانا تتبع أعداد البكتيريا فى الأنسجة النباتية المصابة ، ويجرى ذلك بطريقة العد فى الأطباق Plate Count Technique التى سبقت الإشارة إليها . ويوضح شكل (٣-٣) كيفية تحضير سلسلة من التخفيفات للبكتيريا التى يحصل عليها من النسيج النباتى المصاب . يراعى غسيل العضو النباتى المستعمل أولا وتطهيره سطحيا ، ثم تؤخذ منه أقراص صغيرة باستعمال ثاقبة فلين . تهرس الأقراص فى هاون صينى ، مع استعمال ١ر٠ مل من الماء لكل قرص من الأنسجة الورقية ، ويستمر الاختبار كما فى طريقة العد فى الأطباق.

تحديد هوية الفيروسات المسببة للأمراض النباتية

يلزم فى هذا الصدد التفريق بين السلالات المختلفة لنفس الفيرس ، وبين الفيروسات المختلفة التى تنتمى لنفس مجموعة الفيروسات ، والفيروسات المختلفة كلية عن بعضها البعض ، كما يلى :

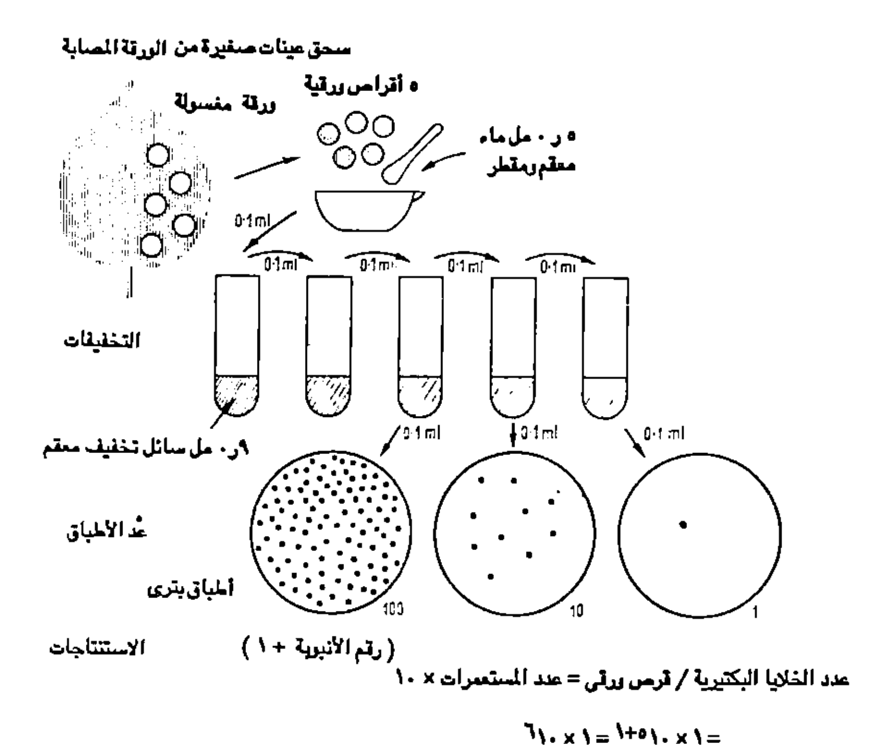
أولا : تختلف الفيروسات غير القريبة Unrelated عن بعضها فى صفة أو أكثر من الصفات الثابتة وراثيا ، مثل :

١ - نوع الحامض النووى وخصائصه .

٢ - حجم جزيئاته ، وشكلها ، ومدى تساوقها .

٣ - حجم وعدد البولى بيبتيدات فى جزىء الفيرس .

٤ - قدرة الجزيئات على التفاعل مع مضادات السيرم لجزيئات الفيروسات الأخرى .



شكل (٣-٣) : طريقة عدّ المستعمرات البكتيرية فى الأطباق لتقدير تركيز المعلقات البكتيرية .

٥ – نوع الأعراض المرضية التى تحدثها فى عوائلها .

٦ – المجموعة التى تنتمى إليها الكائنات الناقلة له .

٧ – طبيعة العلاقة بين الفيرس والكائن أو الكائنات الناقلة له .

ثانياً : تشترك الفيروسات التى تنتمى إلى نفس المجموعة الفيروسية فى خاصية أو أكثر من الخصائص السابقة ، ولكنها قد تتميز بما يلى :

١ – الاختلاف فى بنية الغلاف البروتينى من الأحماض الأمينية بالقدر الذى يجعل لكل فيرس خصائص سيرولوجية ، وإليكترفوريتية electrophoretic (الحركة فى المجال الكهربائى) تميزه عن غيره من الفيروسات .

٢ – يكون لها أنواع مختلفة من الكائنات الناقلة لها ، ولكنها تكون قريبة من بعضها .

٣ – تختلف فى مدى عوائلها وشدة الأعراض التى تحدث بها ، ولكنها تتشابه فى نوع الأعراض المرضية التى تحدثها .

ثالثاً : تتشابه سلالات الفيرس الواحد فى معظم الخصائص ، ولكنها غالبا :

١ – تختلف قليلا فى بنية الغلاف البروتينى من الأحماض الأمينية ، ولذا .. فإنها تختلف قليلا فى خصائصها السيرولوجية والإليكتروفوريتية .

٢ – تختلف فى نوع Species الكائن الناقل لها ، أو فى مدى سهولة انتقالها به .

٣ – تحدث أعراضا تختلف فى شدتها (Gibbs & Harrison ١٩٧٦) .

يستدل على هوية الفيروسات النباتية بعديد من الشواهد والاختبارات ، ويستفاد من بعض هذه الاختبارات فى دراسات التربية لمقاومة هذه الفيروسات ، ولذا .. فإننا نذكر – فيما يلى – بعضا من هذه الطرق ؛ لتكون دليلا للمربى فى هذا المجال .

أولاً: أعراض الإصابات الفيروسية

برغم أنه لايمكن الاعتماد كلية على أعراض الإصابة فى تحديد هوية الفيروسات المسببة للأمراض النباتية ، إلا أنها تعد مرشدا هاما فى هذا الشأن يمكن أن يوجه الباحث نحو الاتجاه الصحيح من حيث كون الإصابة فيروسية ، أم غير فيروسية ، ومن حيث حصرها فى مجموعة فيروسات معينة تتشابه من حيث الأعراض التى تحدثها للنباتات .

ويجب أن يراعى أن نفس الأعراض المشاهدة يمكن أن تحدثها الإصابة بفيروسات مختلفة ، كما أن الفيرس الواحد يمكن أن يحدث مدى من الأعراض ، ويتوقف ذلك على التركيب الوراثى للعائل والظروف البيئية . هذا .. ولا يستدل – بالضرورة – من اختفاء الأعراض على عدم وجود إصابات فيروسية ، فقد تكون الإصابة كامنة أو مستترة Latent . ونتناول – فيما يلى – أعراض الإصابات الفيروسية بشىء من التفصيل .

١ – المظهر العام للإصابة :

يتباين المظهر العام للنباتات المصابة بالفيروسات ، فقد تأخذ الأعراض مظهر تغيرات فى اللون ، أو تقزم Dwarfing ، أو توقف عن النمو Stunting، أو تورد Rosetting (نتيجة لقصر السلاميات ؛ مما يجعل الأوراق متقاربة من بعضها ، كما تتقارب بتلات الوردة) ، أو شكل المكنسة Witches' Broom (نتيجة لزيادة التبرعم ، والتفرع مع التقزم

وقصر السلاميات) ، أو التدهور Decline (نتيجة لفقد قوة النمو) الذى قد يشمل النبات كله، أو أجزاء منه .

٢ – الانحرافات فى اللون :

أ – الأوراق :

(١) تغيرات اللون المتجانسة التوزيع :

قد تكون تغيرات اللون متجانسة التوزيع على كل سطح الورقة ، ويتضمن ذلك : اللون الأخضر الباهت chlorosis ، واللون الأبيض bleaching ، و الاصفرار yellowing ، والاحمرار reddening ؛ بتكوين صبغة الأنثوسيانين ، (وهو ما قد يختلط بأعراض نقص العناصر) ، والتلون البنى browning والأسود blackening ؛ بتكوين مركبات الميلانين القاتمة اللون ، والتلون البرونزى bronzing ؛ نتيجة لتحلل وانهيار خلايا البشرة مع بقاء النسيج الوسطى سليما (وهو ما قد يختلط بأعراض الإصابة بالعنكبوت الأحمر) .

(٢) تغيرات اللون غير المتجانسة التوزيع :

قد تكون تغيرات اللون غير متجانسة التوزيع ، ويتضمن ذلك ما يلى :

(أ) الموزايك Mosaic :

يتميز الموزايك بظهور مناطق خضراء باهتة اللون ، أو صفراء متبادلة على سطح الورقة مع مناطق خضراء .تكون هذه المناطق ذات زوايا ؛ حيث تحدها العروق الصغيرة التى توجد بالورقة .

(ب) التبرقش Mottling :

تكون المناطق المختلفة فى اللون متبادلة مع المناطق الطبيعية اللون كما فى الموازيك ، إلا أنها تكون متداخلة مع بعضها ، وذات حواف دائرية .

(جـ) البقع الموضعية Local Lesions :

تتراوح البقع الموضعية فى المساحة من بقع صغيرة مثل سن الدبوس pin - point إلى

مساحات كبيرة غير منتظمة الشكل . وتكون هذه البقع صفراء ، أو متحللة .

(د) البقع الحلقية Ringspots :

قد تكون الحلقات مفردة ، أو عديدة ومتتابعة حول مركز واحد للبقعة Concentric ، وتشمل أنسجة صفراء أو متحللة يفصل بينها نسيج سليم .

(هـ) التخطيط Streaking :

يظهر التخطيط على شكل مناطق صفراء طويلة ذات حدود واضحة .

(٣) تغيرات اللون المتجانسة التوريع على أجزاء معينة من الورقة .. ويتضمن ذلك مايلى:

(أ) اصفرار العروق Vein Yellowing:

يظهر اللون الأصفر على العروق نتيجة لغياب الكلوروفيل مع بروزلون الكاروتينات والزانثوفيللات .

(ب) شفافية العروق Vein Clearing :

تبدو العروق نصف شفافة Translucent .

(جـ) تحوط العروق Vein Banding :

تبدو العروق محاطة بمناطق مختلفة اللون عن بقية نصل الورقة .

(د) تحلل العروق Vein Necrosis :

يكون ذلك مصاحبا بموت النسيج الوعائى فى الورقة وتحلله واكتسابه لونا بنيا .

ب – الأزهار :

إن من أهم التغيرات فى لون الأزهار ما يلى :

(١) تحول الأجزاء الزهرية إلى أوراق خضرية Phyllody :

(٢) انحرافات فى لون بتلات الزهرة بزيادة شدة اللون ، أو ضعفه ، أو حدوث تغير فى

الصبغات التى توجد فى طبقة البشرة فى بتلات الزهرة

(٣) تغير فجائى Breaking ، يكون عادة على صورة نقط ، أو خطوط ، أو أجزاء من نسيج متغير اللون ، وهى أعراض قد تختلط مع التغيرات الوراثية .

(٤) الاخضرار العام للبتلات Verescence .

جـ - الثمار :

قد تشمل التغيرات فى لون الثمار كل الثمرة ، أو أجزاء منها ، وتكون هذه التغيرات على شكل تعريق (مثل الرخام) Marbling ، أو تبرقش ، أو تبقع Spotting .

د - الجذور :

قد تكون التغيرات فى لون الجذور على شكل بقع ، أو تحلل .

٢ - التشوهات Malformations :

قد تشمل التشوهات أيا من الأجزاء النباتية كما يلى :

أ - الأوراق :

قد تظهر تشوهات الأوراق على إحدى الصور التالية :

(١) تحرف أو تشوه Distortion .. مثل التغضن Crinkling ، والالتفاف Curling ، والالتواء Twisting .

(٢) الانحناء لأسفل Epinasty .

(٣) ضيق نصل الورقة Narrowing مع بقاء نمو العروق طبيعيا تقريبا .

(٤) صغر الحجم .

(٥) زيادة السمك .. وقد يشمل ذلك كل نصل الورقة ، أو أجزاء منه ، أو يقتصر على العروق .

(٦) تكون بروزات على نصل الورقة Enation يترتب عليها غالبا التفافها .

ب - الأزهار .. تحدث بها أنواع مختلفة من التشوهات ، وقد تظهر أجزاء زهرية غير طبيعية .

جـ – الثمار .. تتكون ثمار مشوهة وذات أشكال غير منتظمة ، كما قد تتكون تورمات سرطانية ، وقد تفشل البذور فى إكمال تكوينها .

د – السيقان .. تحدث بها تشوهات ، وقد تقصر السلاميات .

هـ – الجذور .. قد تتحلل ، أو تموت من القمة نحو القاعدة dieback ، وقد تتكون بها أورام سرطانية .

٤ – أعراض أخرى :

تشمل الأعراض الأخرى للإصابات الفيروسية : الذبول ، وسقوط الأوراق Defoliation ، والسقوط المبكر للأوراق ، والانحراف عن العدد الطبيعى للأزهار ، والإزهارالمبكر أو المتأخر عن الموعد الطبيعى، وظهور طعم غير طبيعى للثمار ، وتكوين إفرازات غير طبيعية ، والتصمغ gummosis ، وحرشفة القلف Bark Scalling ، وتكون النقر بالخشب Wood Pitting ، وتورم النموات الخضرية ، وعدم توافق الطعوم Graft Incompatibility .

٥ – احتجاب الأعراض Masking of Symptoms :

لا تظهر أية أعراض للإصابة بالفيروسات – تحت بعض الظروف – بالرغم من وجود الفيرس فى النبات ، وهى الحالة التى تعرف باسم الإصابة الكامنة Latent Infection ، وترجع إلى عوامل بيئية خاصة كدرجة الحرارة ، والضوء ، ونقص أو زيادة العناصر الغذائية .

٦ – تحمل الإصابة Tolerance :

تظهر حالة تحمل الإصابة عندما لا تظهر أية أعراض مرضية على النبات بالرغم من حمله للفيرس ، وهى ترجع إلى التركيب الوراثى للعائل .

٧ – العوامل المسببة لأعراض شبيهة بأعراض الإصابات الفيروسية :

من أهم هذه العوامل الطفرات التى تتسبب فى ظهور نموات غير طبيعية ، ونقص

العناصر ، وأضرار مبيدات الحشائش ، و أضرار الإصابات الحشرية والأكاروسية ، وأضرار ملوثات الهواء الجوى .

وتتميز جميع هذه الحالات بأن أعراضها لاتنتقل خلال التطعيم ، أو مع العصير الخلوى.

ثانيا: وسائل انتقال الإصابة بالفيرس

يعد تحديد الوسائل التى ينتقل بها الفيرس فى الطبيعة أمرا بالغ الأهمية ، وليس فقط لتحديد هوية الفيرس ، و إنما كذلك لدراسات التربية لمقاومة الفيرس ، وفضلاً عما لذلك من أهمية بالغة فى التعرف على أكثر الوسائل فاعلية فى مكافحة الفيرس . ولذا .. فإننا نتناول موضوع انتقال الفيروسات إلى النباتات بالتفصيل فى موضع آخر من هذا الكتاب .

ثالثا: تحديد حجم الفيرس وشكله

يتحدد حجم وشكل الفيرس بواسطة الميكرسكوب الأليكترونى ، ويستخدم لذلك تحضيرات نقية ، أو شبه نقية semi - purified من الفيرس ؛ الأمر الذى يتطلب عدة دورات من الطرد المركزى السريع والبطىء ، يعقبها طرد مركزى يعتمد على الكثافة Density Centrifugation ويمكن كذلك إجراء الفحص باستخدام العصير الخلوى للنبات . وللتفاصيل الخاصة بهذه الطريقة .. يراجع Green (١٩٨٤) .

رابعاً: تحديد الخصائص الطبيعية للفيرس

من أهم الخصائص الطبيعية التى تفيد فى التعرف على هوية الفيرس ما يلى :

١ – درجة الحرارة المثبطة للفيرس Thermal Inactivation Point :

تعرف درجة الحرارة المثبطة للفيرس بأنها الدرجة التى تلزم لتثبيط نشاط الفيرس – فى العصير الخلوى – تماما خلال فترة تعرض للحرارة مقدارها عشر دقائق .

ولإجراء اختبار درجة الحرارة المثبطة للفيرس .. يتم تحضير العصير الحلوى للنبات المصاب بالفيرس فى محلول منظم مناسب ، ثم ترشيحه ، وإضافة ملليلترين من الراشح إلى كل واحدة من ثمانى أنابيب خاصة ذات غطاء بـ " قلاووظ " توضع هذه الأنابيب فى

حمامات مائية ذات درجات حرارة تتراوح من ٣٠ - ١٠٠°م بفارق ١٠°م بينها . تترك الأنابيب فى الحمامات المائية لمدة ١٠ دقائق ، ثم تخفض حرارتها بسرعة ؛ بتعريضها لتيار من الماء البارد . ويلى ذلك اختبار فاعلية الفيرس بعد المعاملة باستخدامه فى عدوى نباتات قابلة للإصابة ، ويفضل أن تكون النباتات من التى يحدث فيها الفيرس بقعا موضعية .

تلاحظ النباتات المختبرة لمدة أربعة أيام إلى ثلاثة أسابيع ، وعلى ضوء النتائج .. يحدد المجال الحرارى الذى يحدث عنده التثبيط (مثلاً من ٦٠ - ٧٠°م) . ولتحديد درجة الحرارة التى يحدث عندها التثبيط .. يكرر الاختبار السابق مع استخدام حمامات مائية ذات درجات حرارة تتراوح من ٥٩ - ٧١ °م بفارق ثلاث درجات ، حيث تكون درجة الحرارة المثبطة للفيرس هى أقل درجة حرارة لا يصاحبها ظهور أية أعراض للإصابة بالفيرس .

ويقدر معامل التثبيط الحرارى Thermal Inactivation Coefficient للفيرس - فى الحالات التى يُحدث فيها الفيرس بقعا موضعية على النباتات المختبرة - كما يلى :

$$Q_t = \frac{C_0 - C_T}{C_0 - C_{T-t}}$$

حيث :

Q_t = معامل التثبيط الحرارى الذى يرتبط بفرق فى درجة الحرارة قدره t .

C_0 = التركيز الأصلى للفيرس (عدد البقع الموضعية التى يحدثها العصير الخلوى غير المعامل حراريا) .

C_T = تركيز الفيرس بعد معاملته حراريا عند درجة حرارة T.

C_{T-t} = تركيز الفيرس بعد معاملته حراريا عند درجة حرارة مقدرها $(T - t)$.

وتكون قيمة t عاده ١٠ درجات مئوية ، كما تكون قيمة Q_t أكثر دقة كلما كانت T أقل قليلا من درجة التثبيط الحرارى .

٢ - فترة احتفاظ الفيرس - وهو خارج العائل - بقدرته على إحداث

الإصــابة In Vitro Longevity :

تعرف هذه الفترة بأنها المدة التى يظل معها الفيرس – المحمول فى العصير الخلوى المستخلص من النبات المصاب – قادرا على إحداث الإصابة ، مع حفظ العصير الخلوى خلال تلك الفترة فى درجة حرارة الغرفة (٢٠ – ٢٢°م) .

وتقدر تلك الفترة بتحضير عصير خلوى رائق (مرشح) لنبات مصاب ، ويضاف إليه ١ ،ر ٪ ستربتوميسين ، أو أوريوميسين Aureomycin لمنع أى تلوث بكتيرى . ويلى ذلك وضع العصير المعامل فى أنابيب ذات غطاء بـ " قلاووظ " بمعدل ملليلترين من العصير بكل أنبوبة . ويستخدم العصير المخزن بهذه الطريقة فى عدوى عائل مناسب ، ويفضل أن يكون من العوائل التى يحدث فيها الفيرس بقعا موضعية .

يجرى اختبار فاعلية الفيرس بعد ١ ،و٢ ، و ٦ ، و ٩ ، و ١٢، و ١٥ ، و ٣٠ ، و ٦٠ ، و٩٠ ، و ١٥٠ يوما من التخزين . وإذا اتضح أن مدة احتفاظ الفيرس بفاعليته تقع بين فترتين متباعدتين (مثل بين ١٥ ، و ٣٠ ، أو بين ٣٠ ، و ٦٠ يوما) .. لزم إعادة الاختبار ، مع قصر معاملات التخزين فى حدود الفترتين اللتين دل عليها الاختبار الأول ، و اختبار فاعلية الفيرس كل ٢ – ٥ أيام .

وإذا أجرى هذا الاختبار على فيرس يحدث بقعا موضعية على عوائل دالة indicator hosts ، فإنه يمكن تقدير " فترة نصف الحياة " Half- Life time – وهى الفترة التى تفقد فيها عشيرة متجانسة من الفيرس نصف نشاطها – حسب المعادلة التالية :

$$t_{1/2} = \frac{T \log 2}{\log P_0 - \operatorname{Log} P_1}$$

حيث إن :

$t_{1/2}$ = فترة نصف الحياة .

P_0 = نشاط العشيرة الأصلية (العصير الخلوى المستخلص قبل تخزينه) .

P_1 = نشاط العشيرة بعد مرور فترة مقدارها T .

T = فترة المعاملة .

٣ - نقطة التخفيف النهائى Dilution End Point :

تعرف نقطة التخفيف النهائى بأنها أقصى تخفيف ممكن للعصير الخلوى للنبات المصاب يسمح باستمرار احتفاظه بالقدرة على إحداث الإصابة بالفيرس .

وتقدر نقطة التخفيف النهائى بسحق أوراق نبات مصاب (فى هاون صينى) مع كمية قليلة من محلول منظم buffer مناسب ، ثم تحضير سلسلة من التخفيفات من العصير الخلوى تتراوح من ١٠ ^-١ إلى ١٠ ^-٨ بفارق ١٠ ^-١ . يحضر كل تخفيف برج التخفيف السابق له جيدا ، ثم يؤخذ منه ملليلتر ويخفف بـ ٩ مل من المحلول المنظم . تستخدم هذه المستويات من العصير الخلوى الأصلى والمخفف فى عدوى عائل مناسب ، و يفضل أن يكون من العوائل التى يُحدث فيها بقعا موضعية . وبناء على نتيجة الاختبار .. يحدد أقصى تخفيف يستمر معه الفيرس فى إحداث الإصابة .

خامساً : التعرف على مدى عوائل الفيرس Virus Host Range

يجرى الاختبار - فى حالة الفيروسات التى تنقل ميكانيكا - بسحق جزء من أوراق مصابة فى هاون صينى مع خمسة أجزاء من محلول منظم مناسب ، وترشيح الناتج بعصره خلال قطعة من الشاش المعقم ، ثم يستخدم العصير الرائق فى عدوى أكبر عدد ممكن من الأنواع النباتية .

سادساً : الاختبارات السيرولوجية Serological Tests

تعتمد معظم الاختبارات السيرولوجية على الترسيب الذى يحدث عند تقابل واتحاد الأجسام المضادة antibodies (السيرم المنيع antiserum) مع الأنتيجينات (الفيرس). ويجب تحضير السيرم المنيع باستخدام تحضيرات نقية أو شبه نقية من الفيرس . كما يمكن الحصول على السيرم المنيع لكثيرمن الفيروسات من :

ATCC(American Type Culture Collection)
12301 Parklawn Drive
Rockville
Maryland 20852
USA

(عن Green ١٩٨٤) .

استخدام الأرانب فى إنتاج السيرم المنيع للفيروسات

يجب أن تكون الأرانب المستخدمة فى إنتاج السيرم المنيع Antiserum كبيرة الحجم ، وأن تكون آذانها كبيرة وذات عروق واضحة .

تستخدم حقن بحجم ملليلتر واحد مع ضرورة أن تكون إبرتها دقيقة . تملأ الحقنة بتحضير الفيرس ، ويطرد منها الهواء ، ثم تُحقن بها الأرانب داخل العرق الذى يمتد بطول السطح العلوى للأذن بمحازاة الحافة ، وعلى مسافة ٣ - ٤ مم منها . ولاتفيد محاولة استخدام العروق الأخرى برغم أن بعضها يبدو أكبر حجما .

وفى حالة إعطاء الأرنب سلسلة من الحقن فإنه يفضل إعطاء الأولى منها قرب نهاية الأذن ، ثم تعطى الباقيات فى مواضع متتالية تقترب من قاعدة الأذن تدريجيا .

وبعد مرور أسبوعين من الحقن .. تتم إسالة دم الأرنب من الأذن الأخرى بعمل قطع صغير فى العرق الحافى بالقرب من قاعدة الأذن باستعمال مشرط حاد . وفى حالة عمل سلسلة من القطوع لإسالة مزيد من دم الأرنب فإنه يفضل عملها فى مواضع متتالية تقترب من طرف الأذن تدريجيا .

يجمع الدم فى أنبوبة اختبار ، ويترك لعدة ساعات حتى يتخثر ، ثم يفرغ السيرم المنيع ويوضع فى جهاز طرد مركزى للتخلص من أية خلايا دم حمراء قد تكون متبقية فيه .

وجدير بالذكر أن هذا السيرم المنيع لا يكون معقما ، ولذا .. يجب تخزينه فى ظروف جيدة تمنع النمو البكتيرى فيه (Smith ١٩٧٧) .

وأكثر الإختبارات السيرولوجية استخداما ما يلى :

١ - اختبار الترسيب الدقيق Microprecipitation test فى أنابيب اختبار صغيرة.

٢ - اختبار أو شترلونى Ouchterlony agar gel double diffusion test فى أطباق بترى .

٣ - اختبار المناعة المرئى بالميكرسكوب الإليكترونى Immunosorbent electron

. (ISEM) microscopy

٤ - اختبار المناعة المرتبط بالإنزيمات Enzyme - linked immunosorbent assay (اختصاراً : ELISA) .

يمكن إجراء الاختبارات السابقة باستخدام العصير الخلوى العادى ، أو الرائق ، أو الفيرس النقى .

ولمزيد من التفاصيل عن الاختبارات السيرولوجية التقليدية .. يراجع Ball(١٩٦١) .

الفصل الرابع

التقييم لمقاومة الأمراض

يعد الملقح Inoculum اللازم لاختبارات التقييم – عادة – بزراعة المسبب المرضى من البكتيريا أو الفطريات غير الإجبارية التطفل على بيئات صناعية مناسبة . وتكفى مزرعة أنبوبة اختبار من المسبب المرضى لاختبارات التقييم الصغيرة التى تشتمل على عدد محدود من النباتات .

وتتطلب الاختبارات المحدودة فى البيوت المحمية عدة أطباق بترى ، أو عدة دوارق مخروطية من مزارع المسبب المرضى . ولتحضير الملقح .. إما أن يتم كشط النمو البكتيرى أو الفطرى ونقله إلى كمية مناسبة من الماء المعقم ، وإما أن تُضرب المزرعة البكتيرية أو الفطرية كلها فى خلاط مع قليل من الماء ، ثم تصفيتها خلال قطعة من الشاش للتخلص من الكتل الكبيرة، ثم إضافة مزيد من الماء للوصول بالملقح إلى التركيز المطلوب . وقد يحتاج الأمر إلى فصل البكتيريا عن البيئة بالطرد المركزى ، ثم عمل معلق مائى منها بالتركيز المطلوب .

أما الكميات الكبيرة من المسببات المرضية التى تلزم للاختبارات الحقلية الموسعة فإنها تحضر إما فى بيئة سائلة فى دوارق مخروطية كبيرة مع توفير التهوية اللازمة لها (خاصة بالنسبة للبكتيريا) ، وإما فى بيئة صلبة فى أوانٍ كبيرة أيضا على أن يكون سطحها المعرض كبيرا ، وإما على حبوب معقمة فى أحواض زراعية معقمة (بالنسبة للمزارع الفطرية) .

أ ما الفطريات الإجبارية التطفل اللازمة لإجراء اختبارات التقييم فإنها تجمع من العوائل المصابة بها وتخزن لحين استعمالها ؛ فمثلا .. يمكن تخزين الجراثيم اليوريدية للأصداء لمدة سنة على درجة صفر – ٣°م ، كما يمكن تخزين الأجسام الزقية لفطرات البياض الدقيقى (Cleistothecia) فى درجة حرارة الغرفة .

اختيار الجيرملازم المناسب للتقييم لمقاومة الأمراض

يتعين – عند البحث عن مصادر لمقاومة الأمراض – أن يتم ذلك حسب تسلسل معين حتى لا يضيع كثير من الوقت أو الجهد دونما داع ، وتكون هذه الخطوات كما يلى :

١ – عمل حصر شامل للبحوث السابقة للتعرف على مصادر المقاومة المتوفرة بالفعل التى سبق اكتشافها ، لأنها أولى بالاختبار من غيرها . وكثيرا ما تنشر قوائم بمصادر مقاومة الأمراض فى عديد من المحاصيل ، مثل :

المرجع	الموضوع
Walker (١٩٤١ ، ١٩٥٣ ، ١٩٦٥)	محاصيل الخضر : مصادر المقاومة وجهود التربية
Stevenson &Jones (١٩٥٣)	مصادر مقاومة الأمراض فى عديد من المحاصيل الحقلية والبستانية .
Alexander & Hoover (١٩٥٥)	الطماطم .
Alexander وآخرون (١٩٥٩)	الطماطم .
Shay وآخرون (١٩٦٢)	التفاح والكمثرى
Darrow (١٩٦٦)	الشليك .
Leppik (١٩٧٠)	مراكز نشوء النباتات وأهميتها فى الحصول على مصادر مقاومة الأمراض .
Sasser &Kirby (١٩٧٩)	قائمة بأكثر من ٢٢٥ صنفا من مختلف النباتات مقاومة لنوع واحد أو أكثر من نوع من نيماتودا تعقد الجذور .
Univ. Calif. (١٩٨٦)	مصادر المقاومة لعدد من الأمراض والعيوب الفسيولوجية فى بعض أصناف البطاطس الأمريكية الهامة .
Jones وآخرون (١٩٨٦)	مصادر المقاومة لعدد من الأمراض والحشرات والعيوب الفسيولوجية فى بعض أصناف البطاطا الأمريكية الهامة .
Coyne &Shuster (١٩٨٣)	حصر شامل لمصادر (ووراثة وطبيعة) المقاومة للأمراض البكتيرية فى محاصيل الخضر .
Dayton وآخرون (١٩٨٣)	الفاكهة

فإذا اتضح من الدراسات السابقة أنه لاتعرف أية مصادر لمقاومة المرض ، أو إذا اتضح عند اختبار تلك المصادر عدم مقاومتها للسلالات المحلية من المسبب المرضى .. يتعين – حنيئذ – اللجوء إلى الخطوة التالية .

٢ – جمع واختبار أكبر عدد ممكن من الأصناف التجارية الشائعة فى منطقة الإنتاج ، والأصناف المحسنة المزروعة فى أماكن أخرى من العالم ، فإذا كان أى منها مقاوما .. فإنه قد يستخدم مباشرة فى الزراعة المحلية إذا كان ناجحا فى الزراعة ، أو يستخدم كمصدر للمقاومة فى برامج التربية إن لم يكن له صفات حقلية أو بستانية مقبولة .

٣ – جمع وتقييم أكبر عدد من سلالات التربية كما فى الخطوة السابقة ، لأنها تكون محسنة إلى حد كبير ، ولايخشى من إدخالها لصفات رديئة غير مرغوبة فى برامج التربية ، علما بأنه تكتشف أحيانا مصادر جديدة لمقاومة الأمراض بين تلك السلالات ، مثل المقاومة للسلالة ٣ من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى التى وجدت فى سلالة الطماطم US 638 ، والمقاومة للسلالة ٢ – من الفطر المسبب لذبول فيرتسيلليم التى وجدت كذلك فى سلالة الطماطم US 2668170G ، وكلاهما من برامج تربية منتهية (عن Kerr ١٩٨٣).

٤ – جمع وتقييم أكبر عدد ممكن من الأصناف البلدية والأصناف والسلالات غير المحسنة من المحصول ، فما كان منها مقاوما يمكن الاستفادة منه كمصدر للمقاومة فى برامج التربية ، لأنها تكون من نفس النوع المحصولى ، ولا يخشى – عند استعمالها – من المشاكل التى قد تنشأ عند اللجوء إلى الأنواع البرية .

٥ – اللجوء بعد ذلك إلى الأنواع البرية القريبة للبحث عن مصادر للمقاومة ، ويفضل البدء بالأنواع التى تتهجن بسهولة مع النوع المزروع ، ثم تلك التى تتهجن بصعوبة معه ، علما بأن تاريخ التربية لمقاومة الأمراض حافل بالأمثلة التى نقلت فيها صفات المقاومة إلى الأنواع المزروعة من الأنواع البرية القريبة لها .

٦ – البحث عن الطفرات المقاومة للمرض فى مزارع الأنسجة ، وخاصة مزارع الكالس ، علما بأن بعض الأمراض (وهى التى تظهر أعراضها بفعل سموم تفرزها مسبباتها) يسهل إجراء اختبارات المقاومة لها فى مزارع الأنسجة .

٧ – محاولة استحداث طفرات فى الأصناف المزروعة على أمل أن تكون إحدى الطفرات الناتجة مقاومة للمرض . وبرغم أنه توجد أمثلة ناجحة لحالات كهذه ، إلا أن الغالبية العظمى من الطفرات المستحدثة تكون عادة رديئة الصفات .

٨ – اللجوء فى نهاية الأمر إلى الأنواع المحصولية أو البرية القريبة التى لاتنجح تهجيناتها مع المحصول المراد تربيته ، مع محاولة نقل صفات المقاومة المتوفرة فيها بطرق أخرى غير جنسية مثل : دمج البروتوبلازم ، أو الهندسة الوراثية .

وأهم المصادر التى يمكن الحصول منها على الجيرملازم اللازم للتقييم ما يلى :

١ – مربو النباتات : تنشر منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة قوائم بأسماء وعناوين مربى النباتات والبحوث التى يقومون بإجرائها ، كما يمكن معرفة ذلك من بحوثهم المنشورة .

٢ – شركات البذور : يمكن استخدام كتالوجات بذور الأصناف التى تنتجها تلك الشركات فى التعرف على مصادر مقاومة الأمراض فى الأصناف التجارية .

٣ – محطات البحوث فى جميع أنحاء العالم .

٤ – تعاونيات الوراثة والتربية لمختلف المحاصيل .

٥ – معاهد البحوث الدولية المتخصصة ، ومحطات إدخال النباتات الإقليمية بالولايات المتحدة الأمريكية . ويمكن الاطلاع على تفاصيل تلك المعاهد ، ومحطات إدخال النباتات ، وتعاونيات المحاصيل فى حسن (١٩٩١) .

الشروط اللازمة لعملية التقييم

يلزم عند عدوى النباتات لاختبار مدى مقاومتها للأمراض توفر شروط معينة فى عملية التقييم ، من أهمها ما يلى :

١ – استعمال عزلات Isolates محددة من المسبب المرضى ، تكون ذات تركيب وراثى ثابت ومعروف .

٢ – تجنب استعمال خليط من سلالات المسبب المرضى عند إجراء اختبارات المقاومة ،

لأن ذلك قد يترتب عليه عدم العثور على أى مصدر للمقاومة ؛ فقد تكون بعض الأصناف أو السلالات المختبرة من العائل مقاومة لسلالة معينة من المسبب المرضى ، بينما يكون بعضها الآخر مقاوماً لسلالات أخرى ، ولكن اختبارها معا بمخلوط من السلالتين يترتب عليه ظهور أعراض الإصابة بالمرض على جميع السلالات المختبرة وضياع فرصة اكتشاف المقاومة .

٣ – ضرورة استعمال تركيز مناسب من الملقح المستعمل فى العدوى الصناعية . ويجب أن يتحدد هذا التركيز فى تجارب أولية ، وألا يكون اعتباطيا ، ذلك لأن التركيز إذا قل عن مستوى معين فإن بعض النباتات القابلة للإصابة قد تفلت من الإصابة ، فتبدو مقاومة ، بينما تؤدى زيادة التركيز على مستوى معين إلى تعرض بعض النباتات المقاومة للإصابة .

ويعتبر التركيز مثاليا عندما تحدث أعلى نسبة من الإصابة فى النباتات القابلة للإصابة مع أقل نسبة من الإصابة فى النباتات المقاومة . ومن الطبيعى أن يتوقف هذا التركيز على درجة ضراوة سلالة المسبب المرضى ، وحيوية أجزائه القادرة على إحداث الإصابة ، وعلى الظروف البيئية المحيطة بالنباتات قبل وبعد حقنها بالمسبب المرضى .

وقد تكون بعض جينات المقاومة قوية جدا إلى درجة يصعب معها إحداث الإصابة فى النباتات المقاومة ، بينما يحدث نفس التركيز المستخدم فى العدوى إصابة بنسبة حوالى ١٠٠ ٪ فى النباتات القابلة للإصابة . ففى الذبول الفيوزارى فى الطماطم .. وجد Alon وآخرون (١٩٧١) أن زيادة تركيز اللقاح المستخدم فى العدوى الصناعية أحدث زيادة فى نسبة الإصابة بين النباتات غير الحاملة للجين (I) المسئول عن المقاومة للفطر . وقد كان التركيز الذى أحدث ٩٦ ٪ إصابة فى النباتات القابلة للإصابة الأصيلة (ii) كافيا لإحداث ٤ ٪ إصابة فى النباتات الخليطة (Ii) ، بينما لم يحدث هذا التركيز أية إصابة فى النباتات المقاومة الأصيلة (II) .

وفى هذا الصدد .. وجد Berry وآخرون (١٩٨٩) أن بالإمكان التفريق بين مستويات المقاومة العالية والمتوسطة للبكتيرية Clavibacter michiganensis ssp. michiganensis فى الطماطم باستخدام تركيزات مختلفة من عزلات بكتيرية عالية الضراوة ، فقد تبين لدى اختبار ١٣ صنفا تعرف بمقاومتها للمرض أن صنفين منها كانا مقاومين – فقط – عند إجراء العدوى بالتركيز المخفف ٥ر٨× ١٠^{٢} خلية بكتيرية / نبات ، بينما كان الأحد عشر

صنفا الأخرى مقاومة عند إجراء العدوى بأى من التركيز المخفف السابق ، أو بالتركيز المرتفع ٨٫٥ × ١٠^٨ خلية بكتيرية / نبات .

٤ – يجب أن تكون الطريقة المستعملة سهلة وبسيطة ، بحيث يمكن استخدامها فى تقييم أكبر عدد من النباتات بسرعة ، وفى حيز صغير نسبيا ، وبدون بذل جهد كبير ، لأن الأمر يتطلب أحيانا اختبار مئات النباتات .

٥ – يجب أن تدل الطريقة المستعملة على حقيقة حالة المقاومة ، وأن يمكن تكرارها والاعتماد عليها . فمثلا .. يكون إحداث الجروح ضروريا فى بعض الأحيان ، إلا أنه يفضل الاعتماد على منافذ الإصابة Infection Courts الطبيعية قدر الإمكان ، ليمكن الاعتماد على نتائج التقييم تحت الظروف الطبيعية .

٦ – أن يكون توزيع اللقاح Inoculum متجانسا بين النباتات المختبرة إلى أكبر درجة ممكنة .

٧ – أن تكون الظروف البيئية عند الحقن وأثناء فترة الحضانة مناسبة لحدوث الإصابة .

٨ – أن تكون النباتات المختبرة خالية من الإصابات الأخرى المرضية منها والحشرية ، وفى حالة فسيولوجية مناسبة لإجراء العدوى .

٩ – يتطلب إجراء اختبارات التقييم توفر شروط معينة أخرى – تتوقف تفاصيلها على المرض المعنى – ليمكن التمييز بين النباتات المقاومة والنباتات القابلة للإصابة . فمثلا .. يلزم توفر الشروط التالية عند إجراء اختبار المقاومة للفطر Aphanomyces euteches المسبب لمرض عفن الجذور فى البسلة (عن Walker ١٩٦٦) :

أ – الزراعة على عمق ٢ سم .

ب – عدوى البادرات عندما يبلغ طولها ٢–٥ سم ، أو عندما يصل عمرها إلى ٤–٦ أيام.

جـ – استعمال مزرعة من الفطر المسبب للمرض بعمر ٤ – ٥ أيام .

د – أن يكون معلق جراثيم الفطر المستخدم فى العدوى بتركيز حوالى ١٥٠ جرثومة سابحة zoospore لكل ملليمتر واحد .

هـ – أن تكون الجراثيم السابحة بعمر ٢ – ١٤ ساعة .

و – أن تكون العـدوى بمعـدل ١٠ مل من مـعلق جـراثيم القطر لكل ٥ر٢ سم من خط الزراعـة .

ز– أن يضاف معلق الجراثيم بالقرب من خط الزراعة قدر الإمكان .

ح – إضافة الماء إلى الرمل المستخدم فى الزراعة – قبل العدوى – بمعدل ٨ر١ – ٧ر٢ لتراً لكل ٢ر١٦ كجم من الرمل .

ط – تشبيع الرمل بالماء مرة أخرى بعد العدوى بالفطر .

ى – حفظ درجة حرارة الرمل عند ٢٤°م .

كفاءة عملية التقييم والعوامل المؤثرة فيها

تتأثر كفاءة عملية التقييم لمقاومة الأمراض بعدد من العوامل التى تجب مراعاتها والاستفادة منها – إن وجدت – ليمكن تقييم أكبر عدد من النباتات فى أقصر وقت ممكن ، وبأسهل طريقة ممكنة ، ولتكون نتائج التقييم صحيحة ، ويمكن تكرارها والاعتماد عليها فى انتخاب النباتات المقاومة خلال مراحل برامج التربية .

ولن نتطرق حاليا إلى الجوانب التقنية المؤثرة فى كفاءة عملية التقييم ، فذلك موضوع العناوين التالية من هذا الفصل ، وإنما سيكون اهتمامنا بالخصائص النباتية المورفولوجية والوراثية ، والعوامل البيئية المؤثرة فى هذا المجال .

تأثير عمر النبات فى مقاومته للأمراض

تتأثر المقاومة فى كثير من الأمراض بعمر النبات ، وهو أمر يجب وضعه فى الحسبان عند إجراء اختبارات التقييم ، ومن أمثلة ذلك ما يلى (عن Yarwood ١٩٥٩) :

١ – تكون النباتات عموما أكثر قابلية للإصابة بالذبول الطرى فى طور البادرات ، وبالأصداء فى عمر متوسط ، وبالفطر رايزوبس Rhizopus فى طور الشيخوخة .

٢ – تزداد مقاومة بعض الأمراض بتقدم النبات فى العمر ، كما فى مقاوم البكتيريا Erwinia فى الخس ، ومقاومة الفطر Phytopthora فى البطاطس .

٣ – تزداد القابلية للإصابة ببعض الأمراض بتقدم النبات فى العمر ، كما فى حالتى

البياض الزغبى (Pseudoperonospora) فى الخيار أو البياض الدقيقى (Erysiphe) فى الخس .

٤ – تزداد القابلية للإصابة بالمرض فى الأطور المبكرة والمتأخرة من النمو ، بينما تزداد المقاومة فى الأعمار المتوسطة كما فى حالة المقاومة لفطر الفيوزاريم فى البطاطس .

٥ – تزداد مقاومة المرض فى الأطوار المبكرة والمتأخرة ، بينما تزداد القابلية للإصابة فى الأعمار المتوسطة فى بعض الأمراض ، كما فى حالة مقاومة البطاطس للبكتيريا Erwinia ، ومقاومة الفاصوليا لكل من فطر الصدأ (Uromyces)، وفيرس موزايك الدخان.

وعموما .. يمكن – بشىء من التحفظ – القول بأن المقاومة للرميات الاختيارية Facultative Saprophytes تزيد بزيادة عمر أنسجة العائل ، بينما تنقص مقاومة الطفيليات الإجبارية Obligate Parasites بتقدم النبات فى العمر .

الارتباط بين مقاومة البادرات ومقاومة النباتات البالغة

يفضل دائما إجراء اختبارات المقاومة للأمراض فى طور البادرة ، حيث يمكن تقييم أعداد كبيرة من النباتات بسهولة ، خلال فترة قصيرة ، وفى مساحة صغيرة . ولا ضير فى ذلك إذا كان المرض من تلك التى تظهر على البادرات مثل الذبول الطرى ، أما فى حالة الأمراض الخاصة بالنباتات البالغة فإنه يلزم توفر ارتباط قوى بين مقاومة البادرات ومقاومة النباتات البالغة ، ليمكن إجراء التقييم فى طور البادرة . ومن أمثلة ذلك حالة المقاومة للفطر Phytophthora parasitica المسبب لمرض عفن الجذر والتاج الفيتوفثورى فى الطماطم، حيث قيّم Blaker & Hewitt (١٩٨٧) النباتات بعدوى البادرات وهى فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى ، وكان التقييم للمقاومة على أساس موت أو بقاء البادرات ، ووجدا أن هذا الاختبار يفيد فى التنبوء بمقاومة النباتات البالغة .

كذلك أوضحت دراسات Dickson & Hunter (١٩٨٧) أن سلالة الكرنبP.I.436606 تقاوم البكتيريا Xanthomonas campestris pv. campestris – المسببة لمرض العفن الأسود – فى كل من طورى البادرة والنبات البالغ ، وقد اكتشفا مقاومة هذه السلالة لدى اختبارهما لمعظم مجموعة أصناف وسلالات الكرنب العالمية التى تحتفظ بها وزارة الزراعة

الأمريكية .

وقد توصل Thomas وآخرون (١٩٨٧) إلى أن شدة الإصابة بالبياض الزغبى فى القاوون على الورقتين الحقيقيتين الأولى والثانية (معبرا عنها برقم زوجى تمثل فيه خانة الأحاد شدة الإصابة على الورقة الأولى ، وتمثل خانة العشرات شدة الإصابة على الورقة الثانية) تحت ظروف الصوبة يمكن أن تستخدم فى التنبؤ بشدة الإصابة فى النباتات البالغة تحت ظروف الحقل . وقد أعطيت شدة الإصابة أرقاما من ١ - ٤ ، علما بأن ١ يمثل القابلية للإصابة ، و٢ - ٤ تمثل درجات متزايدة من المقاومة يقل فيها إنتاج جراثيم الفطر تدريجيا .

ويذكر Lower & Edwards (١٩٨٦) أنه تجرى اختبارات - فى طور البادرة - لثمانية من المسببات المرضية فى الخيار ، وهى :

نوع المسبب المرضى	المرض	المسبب المرضى
فطر	الأنثراكنوز	Colletotrichum lagenarium
فطر	البياض الزغبى	Pseudoperonospora cubensis
فطر	الذبول الفيوزارى	Fusarium oxysporum
فطر	الجرب	Cladosporium cucumerinum
فطر	البياض الدقيقى	Sphaerotheca fuliginea
بكتيريا	الذبول البكتيرى	Erwinia tracheiphila
بكتيريا	تبقع الأوراق الزاوى	Pseudomonas lachrymans
فيرس	تبرقش الخيار	Cucumber Mosaic Virus

يجرى الاختبار ضد الذبول الفيوزارى بزراعة البذور فى أحواض مملوءة بالرمل الملوث بالفطر المسبب للمرض ، ويجرى التقييم ضد مرضى البياض الدقيقى والتبرقش فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى أو الثانية ، أما بقية المسببات المرضية .. فتجرى اختبارات التقييم لها فى مرحلة نمو الأوراق الفلقية .

هذا .. وقد لفت Rahe (١٩٨١) الانتباه إلى الحالات المرضية التى لا ترتبط فيها نتائج اختبارات المقاومة فى الحقل بنتائج الاختبارات المعملية .

وقد يُحدث المسبب المرضى الواحد مرضين مختلفين للمحصول الواحد ، ولا يشترط – فى هذه الحالة – أن تكون المقاومة الوراثية واحدة لكلا المرضين . ومن أمثلة ذلك الفطر Rhi-zoctona solani الذى يصيب نباتات الخيار بمرضين هما : الذبول الطرى ، وعفن الثمار الرايزكتونى (أو عفن وسط الثمرة Belly Rot) ، حيث وجد Booy وآخرون (١٩٨٧) تباينا كبيرا بين ٣٥ سلالة من الخيار فى شدة إصابتها بالذبول الطرى التى تراوحت من ٥ر١ – ٩ر٥ على مقياس من صفر (لا توجد أية إصابة) إلى ٩ (موت النباتات) ، بينما لم يجدوا أى ارتباط بين المقاومة لهذا المرض والمقاومة لعفن الثمار الرايزكتونى .

تقييم المقاومة على أساس أنها مرتبطة بصفات نباتية أخرى ظاهرة

من أبرز الأمثلة على الارتباط بين صفة المقاومة وصفة نباتية ظاهرة مقاومة البصل لمرض التهبب أو الاسوداد ؛ حيث ترتبط المقاومة العالية بلون الأبصال الأحمر ، والمتوسطة بلون الأبصال الوردى ، بينما ترتبط القابلية للإصابة بلون الأبصال الكريمى والأبيض (عن Jones & Mann ١٩٦٣) ، وهو ما شرح بالتفصيل تحت موضوع وراثة المقاومة للأمراض. ومن الأمثلة الأخرى ما لاحظه Laterrot (١٩٨٥) من أن نباتات الطماطم الحاملة للجين Pto (المسئول عن مقاومة البكتيريا Pseudomonas solanacearum المسببة لمرض الذبول البكتيرى) بحالة أصيلة أو خليطة تكون حساسة للمبيد الحشرى Lebaycid (الذى يحتوى على المادة الفعالة Fenthion) ، حيث تظهر على أوراقها وأزهارها وثمارها بقع متحللة كثيرة بعد أربعة أيام من المعاملة . وقد كانت النباتات الأصيلة للجين Pto أكثر تأثرا بالمبيد . ويعيب هذه الحالة أن النباتات المقاومة – التى يؤمل انتخابها – تضار من المبيد .

تقييم المقاومة لأكثر من مرض على نبات واحد

يمكن فى حالة التربية لمقاومة عديد من الأمراض عدوى النبات الواحد بأكثر من مسبب مرضى ، فمثلا .. تمكن Frazier من عدوى نباتات الطماطم – فى تتابع – بكل من مسببات

أمراض الذبول الفيوزارى (فطر) ، والذبول المتبقع (فيرس) ، وتبقع أوراق استمفيللم (فطر) ، وتعقد الجذور (نيماتودا) (عن Andrus ١٩٥٣) . إلا أنه يجب توخى الحرص عند إجراء اختبارات كهذه ؛ إذ قد يوجد تنافس بين مختلف مسببات الأمراض ، وقد تؤدى الإصابة بأحد الأمراض إلى جعل النبات أكثر مقاومة ، أو أكثر قابلية للإصابة بأمراض أخرى . هذا .. ونلقى مزيدا من الضوء على . هذا الموضوع فى كل من الفصلين الخامس والثامن من هذا الكتاب .

تأثير العوامل البيئية فى مقاومة النباتات للأمراض

تتأثر مقاومة النباتات للأمراض بعديد من العوامل البيئية سواء أكانت جوية (مثل : الحرارة ، والرطوبة ، والضوء) أم أرضية (مثل : درجة حرارة التربة ، و الرطوبة الأرضية ، وقوام التربة ، والعناصر الغذائية) .كما يدخل موعد الزراعة ضمن العوامل البيئية المؤثرة فى المقاومة ، لما لموعد الزراعة من علاقة مباشرة بمختلف العوامل البيئية . ويلزم التمييز بين تأثير العوامل البيئية السابقة للعدوى والإصابة المرضية ، وتأثير العوامل أثناء حدوث الإصابة المرضية .

أولاً : تأثير العوامل البيئية السابقة للعدوى فى المقاومة

تؤثر الظروف البيئية السابقة للعدوى على قابلية النباتات للإصابة بالأمراض ، وهو ما يعرف باسم Predisposition ، كما يلى :

١ – درجة الحرارة :

تتأثر قابلية النباتات للإصابة بالأمراض كثيرا بدرجة الحرارة التى تتعرض لها النباتات قبل العدوى ، و من أمثلة ذلك ما يلى :

أ – يؤدى غمس جذور الطاطم فى الماء الساخن قبل العدوى بفطر الفيوزاريم إلى تقليل الإصابة بالذبول .

ب – يؤدى تعريض أوراق الفاصوليا لدرجة حرارة ٥٥°م لمدة ١٠ ثوان إلى خفض إصابتها بفيرس موزايك الدخان .

جـ - يؤدى تعريض نباتات الفول الرومى والخس للصقيع إلى زيادة أضرار الإصابة بفطر Botrytis .

د - وجد أن تعريض النباتات لدرجة حرارة ٣٦°م - لمدة تتراوح من يوم إلى يومين - يزيد من قابليتها للإصابة بالفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا (Yarwood ١٩٥٩).

٢ - شدة الضوء والفترة الضوئية :

يؤدى تظليل النباتات ، أو تعريضها للظلام إلى زيادة قابليتها للإصابة بالفيروسات التى تنتقل إليها بالطرق الميكانيكية . وبرغم أن التظليل يخفض سمك طبقة الأديم بخلايا البشرة ؛ مما يجعلها أكثر قابلية للتجريح والإصابة بالطرق الميكانيكية ، إلا أن الأمر ليس بهذه البساطة ؛ إذ إن التعريض للظلام لمدة يوم واحد يكون فعالا أيضا فى زيادة القابلية للإصابة، بينما لا تكفى تلك الفترة لإحداث تغيرات أساسية فى أنسجة الورقة .

كذلك وجد أن خفض شدة الإضاءة قبل العدوى يزيد من قابلية الطماطم للإصابة بالذبول الفيوزارى ، وقابلية الخس والطماطم للإصابة بالفطر Botrytis .

كما وجد أن تعريض نباتات الطماطم لنهار قصير قبل العدوى يزيد من قابليتها للإصابة بالذبول الفيوزارى .

٣ - العناصر السمادية :

تؤثر جميع العناصر الغذائية - سواء أكانت عناصر كبرى ، أم صغرى - فى قابلية النباتات للإصابة بالأمراض ، وأهمها عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم، التى يمكن إيجاز تأثيرها - السابق للعدوى - فيما يلى :

أ - تؤدى زيادة النيتروجين إلى زيادة القابلية للإصابة بالأمراض بصورة عامة ، إلا أنها تقلل القابلية للإصابة بأمراض معينة ؛ كما فى الذبول الفيوزارى فى الطماطم .

ب - تؤدى زيادة الفوسفور إلى زيادة القابلية للإصابة فى بعض الحالات ، مثل : فيرس موزايك الخيار فى الخيار ، وفيرس موزايك الدخان فى الفاصوليا ، كما أنها تؤدى إلى ضعف القابلية للإصابة فى حالات أخرى ؛ كما فى الذبول الفيوزارى فى الطماطم .

جـ – تؤدى زيادة البوتاسيوم إلى خفض القابلية للإصابة بالأمراض بصورة عامة ، إلا أنها تزيد القابلية للإصابة فى أمراض معينة ؛ كما فى الذبول الفيوزارى فى الطماطم .

ثانياً : تأثيرالعوامل البيئية السائدة أثناء وبعد العدوى فى المقاومة

من أهم العوامل البيئية المؤثرة فى المقاومة للأمراض فى النباتات ما يلى :

١ – درجة الحرارة :

لدرجة الحرارة تأثير كبير فى مقاومة الأمراض فى النباتات ، ومن أبرز الأمثلة على ذلك ما يلى :

أ – المقاومة للاصفرار (الذبول الفيوزارى) فى الكرنب :

يتوفر نوعان من المقاومة للفطر Fusarium oxysporum f . conglutinans المسبب لمرض الاصفرار فى الكرنب ؛ إحداهما كمية (طراز B) وتمثلها المقاومة التى توجد فى الصنف Wisconsin Hollander، والأخرى بسيطة (طراز A) ، وهى توجد – مصاحبة للمقاومة الكمية – فى الصنف Wisconsin All Seasons .

ويمكن التمييز بسهولة بين نوعى المقاومة بالتحكم فى درجة حرارة التربة أثناء اختبار المقاومة فى مرحلة نمو البادرة . ففى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٤°م .. تصاب جميع النباتات القابلة للإصابة ، وكذلك جميع النباتات التى تحمل المقاومة الكمية ، بينما لا تصاب النباتات التى تحمل المقاومة البسيطة ، سواء أكانت أصيلة ، أم خليطة . وإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى أكثر من ٢٨°م .. فإن جميع التراكيب الوراثية تصاب بالمرض ، بما فى ذلك النباتات الحاملة للمقاومة البسيطة ، ولا تكون المقاومة الكمية فعالة إذا ارتفعت درجة حرارة التربة عن ٢٢°م، بينما إذا انخفضت درجة الحرارة عن ٢٢°م .. فإنه لا تصاب سوى النباتات القابلة – وراثيا – للإصابة ؛ أى التى لاتحمل أيا من طرازى المقاومة . وإذا استمر انخفاض الحرارة إلى ١٨°م .. تتوقف إصابة النباتات القابلة للإصابة كذلك .

ويمكن التمييز بين النباتات القابلة للإصابة والنباتات ذات المقاومة الكمية بإجراء اختبار المقاومة فى درجة حرارة مقدارها ٢٤°م (عن Walker ١٩٧٩) .

وقد احتفظت أصناف الكرنب المقاومة (التى أنتجها J.C.Walker ومعاونوه) بمقاومتها لأكثر من ٧٠ عاما ، واستخدمت تلك الأصناف كمصدر لمقاومة المرض فى عديد من برامج التربية . ولكن اكتشفت مؤخرا سلالة جديدة من الفطرفى كاليفورنيا (السلالة رقم ٢)، كانت قادرة على إصابة النباتات الحاملة لطراز المقاومة البسيطة (طراز A) حتى عند انخفاض درجة حرارة التربة إلى ١٤°م ، بينما لم تكن السلالة الأولى قادرة على إحداث الإصابة فى تلك الظروف (Bosland & Williams) .

وقد درس Bosland وآخرون (١٩٨٨) تأثير درجة حرارة التربة - عندما تراوحت من ١٠ - ٢٤°م - على أعراض المرض، مع استخدام خمس سلالات فسيولوجية من الفطر المسبب للاصفرار . أجريت الدراسة فى أحواض زراعة حرارية خاصة Temperature Tanks Soil ، كما اختبرت عدة أصناف من الكرنب تحت الظروف الطبيعية فى كاليفورنيا فى حقول مصابة بالسلالة رقم ٢ من الفطر .

وقد أوضحت هذه الدراسة أن جميع السلالات المستعملة زادت قدرتها على إحداث الإصابة جوهريا - فى عوائلها القابلة للإصابة - بارتفاع درجة حرارة التربة . وعند درجة ١٠°م .. أحدثت السلالة رقم ٢ من الفطر F. oxysporum f. conglutinans إصابة طفيفة فى صنف الكرنب Golden Acre ، وأحدث الفطر F.oxysporum f. raphani إصابة طفيفة كذلك فى صنف الفجل White Icicle . وكانت المقاومة البسيطة (طراز A) فى الكرنب عالية الكفاءة ضد السلالة رقم ١ من الفطر المسبب للاصفرار ، إلا أن كفاءة تلك المقاومة ضعفت ضد السلالة رقم ٢ ، مع ارتفاع درجة حرارة التربة من ١٤°م إلى ٢٠°م ، وفقدت المقاومة فاعليتها تماما فى حرارة٢٢°م ، و ٢٤°م . أما المقاومة الكمية (طراز B) .. فقد كانت عالية الكفاءة ضد السلالة رقم ١ من الفطر فى درجة حرارة ٢٠°م ، والأقل منها ، بينما لم تكن فعالة ضد السلالة رقم ٢ إلا فى درجتى ١٠ ، و ١٢ °م فقط .

ب - مقاومة نيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم :

تعد السلالة P.I.128657 من L.peruvianum هى مصدر المقاومة الأصلى لكل من M.incognita ، و M.javanica ، و M.arenaria . وقد نقل منها الجين Mi الذى يتحكم فى المقاومة لهذه الأنواع إلى جميع أصناف الطماطم التجارية

المعروفة بمقاومتها للنيماتودا .

وقد أوضحت نتائج الدراسات التى قورنت فيها مقاومة هذه السلالة بمقاومة الصنف التجارى فى إف إن ٨ VFN8 أن مستوى تكاثر السلالة رقم ١ من M. incognita لم يختلف بينهما ، سواء أكان الاختبار على درجة ٢٥°م ، أم ٣٢°م ، مما يدل على أن الخلفية الوراثية للطماطم لم تؤثر فى المقاومة . كان كل من السلالة والصنف مقاوماً للنيماتودا فى درجة حرارة ٢٥°م ، ولكنهما كانا قابلين للإصابة فى درجةحرارة ٣٢°م .

أما السلالة رقم P.I.126443 من النوع L. glandulosum والسلالة رقم P.I.270435 من النوع L.peruvianum (وكلاهما مقاوم لكل من M.hapla ، وM.incognita) ، والسلالتان أرقام P.I.129152 ، و LA 2157 من L.peruvianum (وكلاهما مقاوم للنوع M.incognita فقط) فقد كانت جميعها على درجة عالية من المقاومة للسلالة رقم ١ من M.incognita فى كل من درجتى الحرارة ٢٥° و ٣٢°م . كما وجد أن سلالتين خضريتين (هما : 1-MH. و 5-MH) من السلالة P.I.126440 للنوع L.glandulosum (وكلاهما مقاوم للنوع M.hapla كانت متوسطتين فى قابليتهما للإصابة بالنوع M.javanica فى درجة ٢٥°م وشديدتى القابلية للإصابة فى درجة حرارة ٣٢°م . وتدل هذه النتائج على وجود جين أو جينات أخرى غير الجين Mi تعطى مقاومة فى درجات الحرارة المرتفعة (Ammati وآخرون ١٩٨٦).

جـ – المقاومة لفيرس موزايك الفاصوليا الأصفر فى البسلة :

يتحكم فى مقاومة فيرس موزايك الفاصوليا الأصفر Yellow Bean Mosaic Virus فى البسلة عامل وراثى واحد يتأثر كثيرا بدرجة الحرارة . فنعد اختبار نباتات الجيل الثانى فى درجة حرارة ١٨°م أو أقل .. تظهر أعراض المرض على النباتات الأصيلة القابلة للإصابة فقط ، وبذا .. تكون المقاومة سائدة . ولكن إذا اختبرت نباتات الجيل الثانى فى درجة حرارة ٢٧°م .. فإن أعراض المرض تظهر على جميع النباتات ما عدا النباتات الأصيلة فى صفة المقاومة فقط ، وبذا .. تكون المقاومة متنحية . أى إنه يمكن عن طريق التحكم فى درجة الحرارة التمييز بين النباتات الأصيلة والنباتات الخليطة فى صفة المقاومة (Walker ١٩٦٦) .

د – المقاومة لفيرس موزايك الخيار فى السبانخ :

تظهر على نباتات السبانخ المقاومة لفيرس موزايك الخيار فى درجة ١٦ - ٢٠°م أعراض جهازية للمرض فى درجة حرارة ٢٨°م (عن Kiraly وآخرين ١٩٧٤) .

٢ - الرطوبة الأرضية :

ترتبط المستويات المرتفعة من الرطوبة الأرضية عادة بزيادة شدة الإصابة بالأمراض ، وربما يرجع ذلك إلى أن توفر أغشية من الرطوبة يساعد على تحرك الجراثيم المتحركة . وبالنسبة لصفة المقاومة فإن التربة الغدقة تضعف المجموع الجذرى بالاختناق ، مما يضعف مقاومته للأمراض .

ولمزيد من التفاصيل عن تأثير العوامل البيئية على المقاومة للأمراض .. يراجع Yarwood (١٩٥٩) ، و Walker (١٩٦٥) ، و Colhoun (١٩٧٣) .

اختبارات التقييم الحقلية

يعتمد إجراء اختبارات التقييم الحقلية على انتشار المرض فى الحقل إما بصورة طبيعية ، وإما بعد إحداث عدوى صناعية بالمسبب المرضى .

الاعتماد على الأوبئة الطبيعية

تجرى اختبارات التقييم تحت الظروف الطبيعية فى المناطق والمواسم التى يتواجد فيها المرض بحالة وبائية ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ - تختبر سلالات بنجر السكر لمقاومة فيرس تجعد القمة فى الولايات المتحدة فى الحقول المجاورة للحبوب الصغيرة التى تتكاثر فيها نطاطات الأوراق الناقلة للفيرس . وفى الربيع .. تنتقل النطاطات الحاملة للفيرس من الحشائش المصابة إلى حقول التقييم ؛ حيث تنقل إليها الفيرس ، وتتكاثر عليها .

٢ - تختبر سلالات البطاطس لمقاومة الندوة المتأخرة فى وادى تولكا Toluca بالمكسيك؛ حيث تتواجد عديد من سلالات الفطر المسبب للمرض فى المدطقة التى يسودها دائما جو مثالى لحدوث الإصابة (Russell ١٩٧٨) .

٣ – أمكن خلال موسمين من الإصابة الوبائية باللفحة النارية بولاية ميرلاند الأمريكية تقييم ٥٢٢ صنفا من الكمثرى لمقاومة المرض ، حيث أصيب ٨٨٪ منها بشدة ، بينما كانت ٢ ٪ منها متوسطة القابلية للإصابة ، و ٤ ٪ متوسطة المقاومة ، و ٥ ٪ عالية المقاومة ، و ٢ ٪ خالية تماما من أية أعراض للإصابة (Oitto وآخرون ١٩٧٠) .

٤ – أمكن تقييم أعداد كبيرة من أصناف وسلالات مزروعة وبرية بلغت ١٧٩٦ من جنس الطماطم Lycopersicon spp. ، و ٩٦٨ من نوع القاوون Cucumis melo ، و ٤٥٧ من جنس البطيخ Citrullus spp. لمقاومة فيرس تجعد أوراق الطماطم الأصفر ، وفيرس اصفرار وتقزم القرعيات تحت ظروف طبيعية تنتشر فيها الذبابة البيضاء الحاملة لهذين الفيروسين بصورة وبائية (Hassan وآخرون ١٩٩٠ ، و ١٩٩١ أ ، و ١٩٩١ب) .

ويعيب على اختبارات التقييم للمقاومة تحت الظروف الطبيعية ما يلى :

١ – يكون التقييم – دائما – لمقاومة خليط من سلالات المسبب المرضى ، و ليس لسلالة معينة منه . إلا أن التقييم يكون ضد جميع السلالات الهامة على أية حال ، كما يمكن إجراء الاختبار فى مناطق معينة تنتشر فيها سلالات معينة من المسبب المرضى .

٢ – احتمال إفلات بعض النباتات من الإصابة .

٣ – احتمال زيادة أو نقص مستوى الإصابة بدرجة غير مقبولة .

٤ – عدم القدرة على التحكم فى العمر النباتى الذى تجرى عنده العدوى بالمسبب المرضى .

٥ – احتمال الإصابة بأمراض أخرى ، أو حشرات ، أو التعرض لظروف بيئية قاسية يمكن أن تخفى أو تغير استجابة النباتات للإصابة بالمسبب المرضى المطلوب .

الاعتماد على العدوى الصناعية

يفضل عند إجراء العدوى الصناعية تحت ظروف الحقل زراعة نباتات مصابة بالمرض بين النباتات المختبرة لتكون مصدرا دائما للعدوى ، ويجرى ذلك – على سبيل المثال – فى اختبارات مقاومة القمح للفطر Puccinia striformis المسبب لمرض الصدأ الأصفر ،

وينجر السكر للفطر Peronospora farinosa المسبب لمرض البياض الزغبى (عن Russell ١٩٧٨) .أما توصيل المسبب المرضى بشكل مباشر إلى جميع النباتات فى الحقل، فإنه يتطلب كميات كبيرة من اللقاح .

ويلزم - فى حالة الأمراض التى تصيب أجزاء النبات الهوائية - إجراء العدوى فى الصباح الباكر ، أوفى الأيام الملبدة بالغيوم . كذلك يحسن - فى حالة الجو الجاف - رش النباتات بالماء بعد العدوى (عن Kiraly وآخرين ١٩٧٤) .

وتتميز أمراض الجذور والحزم الوعائية بإمكان عدوى الحقل بالمسبب المرضى مرة واحدة ، ثم تكرار زراعته بنفس العائل سنويا لإجراء اختبارات التقييم فيه أثناء برنامج التربية . فمثلا .. قام Wallace & Wilkinson (١٩٦٥) بإجراء اختبارات التقييم للفطر Fusarium solani f. phaseoli - المسبب لمرض عفن الجذور الجاف فى الفاصوليا - فى حقل كان قد سبقت عدواه بالفطر فى عام ١٩١٨ ، وزرع بالفاصوليا سنويا منذ ذلك الحين .

وقد وجد Inglis وآخرون (١٩٨٨) أن استعمال اللقاح الجاف لحقن الفاصوليا بأى من الفطرين : Colletotrichum lindemuthianum المسبب للأنثراكنوز ، أو Phaeoisariopsis griseola المسبب لتبقع الأوراق الزاوى كان مناسباً لاختبارات التقييم تحت ظروف الحقل ، بدلا من الرش بجراثيم الفطر ، الذى يتطلب تحضير المعلق الفطرى قبل وقت قصير من إجراء العدوى الصناعية ، ويستلزم كميات كبيرة منه لعدوى المساحات الحقلية الكبيرة . وقد استعمل الباحثون إما أوراقا جافة لنباتات سبق عدواها بالفطر فى الصوبة ، وإما مزارع مجففة للفطر على بيئة خاصة هى : Perlite - cornmeal V-8 juice agar . عُفِرّت النباتات فى الحقل بأى من مصدرى العدوى، وكان كلاهما بنفس كفاءة العدوى بمعلق جراثيم الفطر فيما يتعلق باختبارات المقاومة الحقلية .

هذا .. ويمكن الاستفادة من عديد من طرق الحقن (العدوى الصناعية) التى يأتى ذكرها فى الجزء التالى ، فى نشر الإصابة المرضية تحت ظروف الحقل لأغراض تقييم مقاومة الأمراض .

طرق الحقن (العدوى الصناعية) لتقييم المقاومة فى الصوبات

تختلف طرق العدوى الصناعية التى تتبع لأغراض التقييم لمقاومة الأمراض تحت ظروف البيوت المحمية – حسب المرض – كما يلى :

عدوى النموات الورقية

تحقن النموات الخضرية بمسببات الأمراض بعديد من الطرق ؛ منها : الرش ، والتجريح، والتعفير ، والحك ، واستخدام فرشاة ملوثة بالمسبب المرضى مع استعمال معلق جراثيم فطرية ، أو جراثيم جافة ، أو معلق بكتيرى ، أو مستخلصات لنباتات مصابة بالفيرس فى حالة اختبارات المقاومة للفيروسات .

ونذكر – فيما يلى – طرق الحقن المتبعة فى هذا الشأن سواء أكانت طرقا عامة ، أم خاصة بمسببات مرضية معينة .

١ – عدوى الأوراق الفلقية :

تتم أحيانا عدوى الأوراق الفلقية بالمسببات المرضية بهدف الانتهاء من اختبار التقييم فى أيام قليلة بعد الإنبات مباشرة ، وبذا .. يمكن تقييم أعداد كبيرة من النباتات فى وقت قصير ، وفى مساحة صغيرة . وتحب فى هذه الحالة مقارنة النتائج المتحصل عليها من اختبار عدوى الأوراق الفلقية بنتائج اختبار آخر تحقن فيه النباتات بطريقة تماثل الإصابة بالطريق الطبيعى ، حتى لا تكون نتائج الاختبار مضللة .

وأهم مايعيب العدوى بهذه الطريقة أن الأوراق الفلقية ربما لاتحتوى على المنافذ الطبيعية للإصابة بالمسبب المرضى ، ويترتب على ذلك تصنيف بعض النباتات أو الأصناف على أنها مقاومة ، بينما هى قابلة للإصابة ، أو العكس .

وقد اتبعت هذه الطريقة فى تقييم السبانخ لمقاومة فيرس الخيار رقم ١ Cucumber virus 1 (Webb ١٩٥٥) ، والطماطم لمقاومة البكتيريا Corynebacterium michiganense المسببة لمرض التسوس البكتيرى (Hassan وآخرون ١٩٦٨) ، والبرسيم الحجازى لمقاومة البكتيريا C. insidiosum المسببة للذبول (Kreitlow ١٩٦٢) .

٢ – عدوى الأوراق بالفطريات :

بالنسبة للأمراض الفطرية التى تصيب الأجزاء الهوائية للنبات فإن العدوى الصناعية قد تجرى بالرش بجراثيم أو هيفات الفطر ، وهى معلقة فى الماء ، أو فى زيت معدنى ، فتستخدم معلقات الفطر فى الماء فى حالة الفطريات الطحلبية ، و لكن الماء يكون ضارا لفطريات أخرى مثل فطريات البياض الدقيقى والأصداء ، ولذا .. فإنها تعلق عادة فى الزيوت المعدنية .

كما يمكن تعفير النباتات بالجراثيم الجافة للفطريات ، وقد تستخدم لذلك فرشاة طلاء ، أو أجهزة خاصة تحمل فيها الجراثيم مع تيار من الهواء لتتوزع بتجانس على النباتات التى يراد اختبارها وغالبا ما تخلط الجراثيم ببودرة التلك لتأمين تجانس توزيعها .

ويلزم فى كثير من الحالات إبقاء النباتات فى رطوبة نسبية عالية تقترب من ١٠٠ ٪ لمدة ١٢ – ٢٤ ساعة بعد العدوى لتحفيز الإصابة والتجرثم . ويتحقق ذلك – تحت ظروف الحقل – إما عن طريق الرى بالرش ، وإما بتنكيس نواقيس زجاجية على النباتات المعاملة ، التى يستفاد منها بعد ذلك فى انتشار الإصابة فى الحقل .

وقد أوضح Tu & Poysa (١٩٩٠) أن عدوى أوراق نباتات الطماطم التى يراد اختبارها لمقاومة مرض تبقع الأوراق السبتورى بفرشاة سبق غمسها فى معلق لجراثيم الفطر Septoria lycopersici كان أفضل من غمس الأوراق فى المعلق أو رشها به مباشرة . استخدم فى العدوى معلق لجراثيم الفطر بتركيز مليون جرثومة بكل ملليلتر .

وقد استخدمت فرشاة من شعر الجمل فى عدوى الأوراق من السطحين . وأعقب ذلك وضع الأصص المحتوية على النباتات المحقونة فى (صوانٍ) بها طبقة رقيقة من الماء ، وتغطية النباتات بشريحة بلاستيكية ، ثم تركها فى صوبة على درجة حرارة ٢٤ ± ٢°م لمدة يومين . وقد ظهرت الاختلافات – فى شدة الإصابة – بين التراكيب الوراثية بعد ذلك بستة أيام أخرى ، وكانت الإصابة متجانسة بدرجة أفضل مما كانت عليه الحال فى أى من طريقتى غمس ، أو رش الأوراق فى معلق جراثيم الفطر .

٣ – عدوى الأوراق بالبكتيريا :

يجب دائما التمييز بين الأعراض الطبيعية typical ، وغير الطبيعية atypical عند عدوى الأنواع النباتية بمسببات الأمراض – خاصة البكتيرية منها – سواء أكانت الدراسة بهدف تحديد مدى العوائل ، أو التقييم للمقاومة .

إن الأعراض غير الطبيعية تظهر – غالبا – نتيجة لما يبديه النبات من مقاومة لهذه المسببات المرضية التى أدخلت فيه بوسائل صناعية خاطئة ، أو نتيجة لاستعمال تركيزات عالية ، وهى أعراض لا تظهر أبدا فى الظروف الطبيعية . ولذا .فإن اختيار طريقة العدوى وتركيز البكتيريا المناسبين أمران فى غاية الأهمية لتمييز النباتات المقاومة عن تلك القابلة للإصابة .

ويقدر أفضل تركيز للعدوى الصناعية ، بالبكتيريا المسببة للأمراض بنحو ٥× ١٠^٦ خلية بكتيريا أو أكثر من ذلك / مل من المعلق البكترى ، فعند استعمال هذا التركيز تكون كل خلايا أنسجة النبات المحقونة على اتصال بالطفيل .

وتفيد كثيرا تهيئة الظروف التى تجعل ثغور الأوراق مفتوحة عند الحقن بالبكتيريا التى تُحدث بقعا ورقية ، ذلك لأن هذه البكتيريا تمر إلى المسافات التى توجد بين الخلايا من خلال الثغور المفتوحة . ولأجل هذا .. يمكن وضع النبات فى مكان رطب نصف مظلل ؛ كأن يوضع فوقه ناقوس زجاجى ، أو يترك فى غرفة نمو رطبة لمدة ٢٤ ساعة قبل العدوى الصناعية . ويمكن زيادة الرطوبة النسبية حول النبات بوضع ورق نشاف مبلل بالماء داخل الناقوس الزجاجى أو فى غرفة النمو .

يستخدم فى العدوى الصناعية بالبكتيريا مزارع بكتيرية حديثة يتراوح عمرها من ٢٤ – ٤٨ ساعة . تغسل هذه المزارع بماء معقم ، ويعدل تركيز المعلق البكتيرى حسب التركيز المطلوب الذى يتوقف على طريقة الحقن المتبعة ، كما يلى :

أ – رش المعلق البكتيرى على سطح النبات :

يعتبر رش المعلق البكتيرى على الأوراق النباتية أفضل طريقة للعدوى الصناعية بالبكتيريا المسببة لتبقعات الأوراق ؛ لأنها أقرب الطرق للعدوى الطبيعية . ويلزم فى هذه

الحالة وضع النباتات فى حجرة نمو رطبة لمدة ٢٤ ساعة قبل إجراء العدوى ، أو تعريضها للرش بالرذاذ mist لعدة ساعات قبل العدوى . وتتم العدوى برش السطح السفلى للأوراق – تحت ضغط منخفض – بمعلق بكتيرى يحتوى على أكثر من ٥ × ١٠^٦ خلية بكتيرية / مل . ولايخشى – فى هذه الحالة – من ظهور أعراض مرضية غير طبيعية لأن نسبة قليلة فقط من الخلايا البكتيرية التى توجد فى المعلق هى التى يمكنها المرور إلى المسافات البينية لخلايا النسيج الوسطى من خلال الثغور .

ونجد فى حالة عدم التوافق بين البكتيريا والنوع النباتى المستخدم أن البكتيريا تظهر نشاطها حول الثغور ، حيث تظهر الأعراض غير الطبيعية فى مساحات ميكرسكوبية لاتُرى بالعين المجردة . أما فى حالة التوافق .. فإن الإصابة يمكن أن تنتشر بدرجة كبيرة إلى أن تظهر الأعراض المميزة للمرض .

وبعد العدوى بالبكتيريا .. يمكن وضع البناتات مرة أخرى فى حجرة النمو الرطبة التى يجب أن تقترب رطوبتها من ١٠٠ ٪ ؛ فعلى سبيل المثال .. لم تظهر على أوراق الخيار التى حقنت بالبكتيريا P. lachrymans – المسببة لمرض تبقع الأوراق الزاوى – أية أعراض للإصابة عندما كانت الرطوبة النسبية ٨٠ – ٩٠ ٪ بعد العدوى ، بينما ظهرت أعراض المرض الطبيعية عندما كانت الرطوبة النسبية ٩٥ – ١٠٠ ٪ . تترك النباتات المعدية فى الرطوبة العالية لمدة ٦ – ١٨ ساعة بعد العدوى الصناعية بالمسبب المرضى ، ثم تنقل إلى بيت محمى بعد ذلك .

وإذا ما رشت البكتيريا على السطح السفلى للأوراق تحت ضغط – من جهاز لضغط الهواء – فإن هذا الضغط يجب ألا يزيد على ٥ر١ كجم / سم٢ . ونجد كنتيجة للضغط – فى هذه الحالة – أن البكتيريا تجبر على المرور إلى المسافات البينية لخلايا نسيج الميزوفيل من خلال الثغور . ولذا .. فإن تركيز المعلق البكتيرى يجب ألا يزيد على ٥ × ١٠^٦ خلية / مل ، وإلا ظهرت أعراض غير طبيعية على النباتات فى حالات عدم التوافق . كذلك يجب عدم استخدام ضغط يزيد على ٥ر١ كجم / سم٢ وإلا حدثت أضرار بخلايا بشرة الأوراق ، مما يؤدى إلى ظهور أعراض غير طبيعية كذلك .

ب – حقن المعلق البكتيرى فى المسافات بين الخلايا :

تتم العدوى فى هذه الطريقة بحقن المعلق البكتيرى فى المسافات البينية لخلايا الورقة باستعمال حقنة طبية يسمح ذلك بإدخال عدد معلوم من الخلايا البكتيرية بتجانس تام فى المسافات البينية دون إحداث ضرر لنسيج الورقة . يجرى الحقن من السطح السفلى للورقة . وتزداد سهولة حقن الأوراق مع زيادتها فى العمر . ومن الضرورى أن يكون الجزء المائل من سن الإبرة - الذى توجد به الفتحة - إلى أسفل (أى تحت خلايا البشرة السفلى مباشرة) عند الحقن ، وأن يكون الحقن بين عروق الورقة . وتسمح هذه الطريقة باختبار عدة سلالات بكتيرية على نفس الورقة أو على أوراق مختلفة من نفس النبات .

جـ - حك الأوراق :

يمكن إحداث العدوى للنباتات التى تكون أوراقها مغطاة بطبقة شمعية بحك سطح الورقة بعد نثر قليل من الكربورندم عليها ، ثم نشر المعلق البكتيرى عليها؛ إما بالأصبع أو بفرشاة.

٤ - عدوى الأوراق بالفيروسات بطريقة الرش تحت ضغط :

تتعدد طرق الحقن بالفيروسات النباتية حسب طرق انتقالها ، وهو ما نتناوله بالتفصيل فى وضع آخر من هذا الفصل ، ونقصر حديثنا الآن على طريقة الرش تحت ضغط للحقن بالفيروسات .

تعرف هذه الطريقة باسم Spray Gun Method ، وهى شديدة الفاعلية مع بعض الفيروسات مثل فيرس موزايك التبغ . ويلزم عند اتباعها إضافة الكاربورندم إلى العصير الخلوى المستخدم فى العدوى الصناعية بنسبة ٥ ٪ بالحجم . ترش النباتات بقوة من على مسافة ٨ - ١٠ سم تحت ضغط ٤ - ٧ كجم / سم٢ . ويمكن بهذه الطريقة عدوى مئات النباتات الصغيرة فى دقائق معدودة (عن Greenleaf ١٩٨٦) .

عدوى السيقان والجذور واعضاء التخزين المتشحمة

١ - العدوى بالبكتيريا بطريقة الوخز Pricking

يمكن عدوى السيقان أو الأجزاء اللحمية للنباتات بالبكتيريا بوخزها بإبرة أو تجريحها بمشرط سبق غمسه فى معلق للبكتيريا التى يُراد استخدامها فى العدوى ، و هى أفضل

الطرق للعدوى بأمراض الذبول البكتيرية وأعفان أعضاء التخزين . وتظهر أعراض الذبول الطبيعية عند اتباع هذه الطريقة أيا كان تركيز البكتيريا فى المعلق المستخدم .

ولعدوى أعداد كبيرة من النباتات بطريقة الوخز .. تثبت الإبرة وسط فرشاة بحيث يكون سن الإبرة دون مستوى أطراف شعر الفرشاة بقليل . وبغمس الفرشاة فى المعلق البكتيرى .. يمكن ضمان تلوث الإبرة بالبكتيريا بالقدر المناسب أثناء عدة وخزات متتالية . ويتم وخز النباتات الصغيرة - فى حالات أمراض الذبول - فى المنطقة التى تقع مابين الأوراق الفلقية والورقة الأولى .

وقد استخدم Hassan وآخرون (١٩٦٨) هذه الطريقة فى تقييم الطماطم لمقاومة البكتيريا C. michiganense المسببة لمرض التسوس البكتيرى (شكل٤ -١) .

٢ - العدوى بالبكتيريا عن طريق الأسطح المقطوعة

تجرى العدوى بأمراض الذبول البكتيرية بقطع نحو ١ - ٢ سم من الجذور ، ثم غمرها - بعد ذلك مباشرة - فى المعلق البكتيرى المناسب لمدة ساعتين ، ثم تشتل النباتات فى التربة .

كما قد تجرى العدوى فى حالة أمراض الذبول أيضا بطريقة أخرى تكسر فيها أعناق بعض الأوراق الصغيرة ، أو بعض الفروع الصغيرة ، ثم يوضع المعلق البكتيرى على مكان القطع ؛ بواسطة فرشاة أو ماصة .

وتجرى العدوى فى حالات أمراض الأعفان الطرية بعمل قطع فى عضو التخزين (الثمرة أو الجذور ، أو الدرنة ...إلخ) بمشرط أو نصل سكين معقم ، ثم يوضع المعلق البكتيرى على مكان القطع . وتوضع الأعضاء النباتية المحقونة بهذه الطريقة فى مكان رطب لمدة ٤٨ ساعة بعد الحقن (Kiraly وآخرون ١٩٧٤) .

٣ - العدوى بمسببات أمراض الجذور والحزم الوعائية

تحدث الإصابة الطبيعية والصناعية بهذه الأمراض عن طريق التربة ، ولكن العدوى الصناعية بأمراض الحزم الوعائية يمكن إحداثها عن طريق كل من الجذور والسيقان على حدٍّ سواء ، كما يلى :



شكل (٤-١) : أعراض الإصابة بمرض التسوس البكتيرى فى الطماطم عقب العدوى بالبكتيريا Corynebacterium michiganense المسببة للمرض بطريقة الوخز فى قاعدة الساق (Hassan ١٩٦٦).

أ - تجرى العدوى الصناعيةعن طريق التربة فى حالات الأمراض التى تحدث الإصابة الطبيعية فيها عن طريق الجذور ، وتعيش مسبباتها فى التربة ، مثل أمراض الذبول ، وأعفان الجذور ، وتثألل الجذور فى الصيلبيات ، وتثألل البطاطس ... إلخ . تجرى العدوى الصناعية لتربة الحقل ، أو الصوبة بالمسبب المرضى ، ويحافظ على اللقاح فيها باستمرار زراعة صنف قابل للإصابة بهذا المسبب المرضى سنويا .

ب - لا يلزم فى معظم أمراض الذبول تقطيع الجذور لكى تحدث الإصابة ، إلا أنه ينصح بهذا الإجراء أحيانا لزيادة تجانس الإصابة (Walker ١٩٦٦)، كما يكون التجريح ضروريا

ضروريا فى حالات أخرى كما فى الذبول الفيوزارى فى البطاطا حيث يوصى – عند إجراء اختبار التقييم للمقاومة – بغمر قواعد العقل الطرفية لسيقان البطاطا فى معلق لجراثيم الفطر ، مع هرس تلك القواعد بآلة حادة (Hanna وآخرون ١٩٦١) .

جـ – بينما يسهل عدوى المجموع الجذرى للنباتات التى تشتل – مثل الطماطم والفلفل – حيث يغمر المجموع الجذرى فى معلق للمسبب المرضى قبل الشتل ، فإنه قد يستحيل إجراء ذلك بالنسبة للمحاصيل التى يصعب شتلها مثل الفاصوليا . وقد تغلب Wallace & Wilkinson (١٩٦٥) على هذه المشكلة عند تقييمهما الفاصوليا لمقاومة الفطر F. solani f . phaseoli المسبب لمرض عفن الجذور الجاف بإجراء اختبارات التقييم فى أصص بقطر ١٥سم مثبت فى قمتها حلقة ورقية (مبطنة بالبوليثيلين) بارتفاع ٦ سم ، وتملأ بالفيرميكيولايت (شكل ٤–٢). تزرع البذور على سطح التربة فى الأصيص ، ثم يضاف الفيرميكيولايت . بعد الإنبات .. تجرى العدوى بإضافة معلق جراثيم الفطر إلى الفيرميكيولايت . وعند تقييم النباتات .. تزال الحلقة الورقية وما بداخلها من فيرميكيولايت ، ثم تقدر درجة الإصابة فى السويقة الجنينية العليا للنباتات ، حيث يمكن – حينئذ – التخلص من النباتات القابلة للإصابة والإبقاء على النباتات المقاومة . وقد اتبعت هذه الطريقة فى دراسة المقاومة لكل من مرضى العفن الجاف والعفن الأسود فى الفاصوليا (Hassan وآخرون ١٩٧١ أ ، ب) .

٤ – تزداد المشكلة تعقيدا بالنسبة للنباتات الصعبة الشتل – كالفاصوليا – حينما لا يكون هناك مناص من فحص الجذور لتقدير شدة الإصابة ، حيث يتعذر حينئذٍ الاستفادة من النباتات المقاومة بعد تقليعها – لفحص جذورها – خاصة وأن عملية التقييم لا يمكن إجراؤها قبل مضى شهر أو شهر ونصف من زراعة البذور .

وقد توصل Wyatt & Fassuliotis (١٩٧٩) إلى طريقة تسمح بالاستفادة من النباتات المرغوب فيها المنتجة ، والمحافظة عليها ، ليمكن تهجينها ، أو تركها لتلقح ذاتيا . وتتلخص تلك الطريقة فى عدوى تربة "البنشات" فى الصوبة ، وزراعة الفاصوليا فى أصص من البيت موس أو الفخار مملوءة بتربة غير معدية بالنيماتودا ، ثم دفن هذه الأصص فى تربة (البنش) . تنمو – نتيجة لذلك – بعض الجذور من الثقوب التى توجد بأسفل الأصيص ،

حيث تتعرض للإصابة بالنيماتودا ، وبذا .. يمكن تقييمها مع الإبقاء على النباتات المقاومة التى تحتفظ بجذورها فى الأصص .



شكل (٤-٢) : خطوات اختبار تقييم الفاصوليا للفطر Fusarium oxysporum f. phaseoli المسبب لمرض عفن الجذور الجاف باستخدام طريقة الحلقة الورقية حول السويقة الجنينية السفلى . يراجع المتن لتفاصيل الاختبار (Hassan ١٩٧٠) .

وقد تمت عدوى تربة (البنشات) فى الطريقة السابقة بمعلق من بيض النيماتودا M. incognita فى قاع حُفَرَ عمق الحفرة ١٠ سم ، وقطرها ٨ سم كل ٢٠ سم فى صفوف تبعد عن بعضها البعض بمقدار ٣٠ سم ، بحيث يصل إلى كل حفرة نحو ١٢٠٠ بيضة من النيماتودا . وكانت أصص البيت المستخدمة فى الزراعة بقطر ٦ر٧ سم ، وثُقِّبت من القاع بقطر ٢ر٢ . وضعت هذه الأصص فى الحفر التى أضيف إليها اللقاح فى تربة (البنشات) .

وزرع بكل أصيص ثلاث بذور ، ثم أجريت عملية الخف على نبات واحد بعد الإنبات . وقد سجلت شدة الإصابة على الجذور التى نمت من قاع الأصص بعد ٣٥، و ٤٥ ، و ٥٥ يوما من زراعة البذور .

كذلك استخدمت أصص فخارية زرعت فيها بذور سبق استنباتها على مهاد ورقية إلى أن وصل طول النمو الجذرى فيها إلى ٦ - ٨ سم ، مع إبراز طرف الجذير من قاع الأصيص قبل تغطية البادرة بالتربة . وقد كانت تلك الطريقة أفضل من طريقة أصص البيت ؛ لأن الجذور كانت نافذة من قاع الأصص منذ البداية ، وكان التقييم - فى جميع النباتات - على الجذر الرئيسى ، وبذا .. فإنه كان متجانسا .

وكان من أبرز عيوب تلك الطريقة ما يلى :

١ - اعتمد التقييم - فى الحالات التى لم ينم فيها الجذر الرئيسى من قاع الأصيص - على إصابة الجذور الرفيعة التى نفذت من القاع ، الأمر الذى يجعل التقييم دقيقا .

٢ - نادرا ما أصيبت الجذور التى نفذت من جوانب الأصص بالنيماتودا ، حيث لم يتوفر لها الوقت الكافى لذلك .

٣ - لم تتحمل أصص البيت تأخير عملية التقييم إلى ٤٥أو ٥٥ يوما من الزراعة ؛ حيث كان من الصعب تداول الأصص آنذاك ، وغالبا ما أضير المجموع الجذرى للنباتات عندما نزعت الأصص من مكانها فى تلك المرحلة حيث ذبلت النباتات ، إلا أنها عادت إلى حالتها الطبيعية خلال يوم أو يومين عندما كان الفحص بعد ٣٥ - ٤٥ يوما من الزراعة .

ويلجأ البعض إلى تقييم نباتات الفاصوليا لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور عندما يبلغ عمرها خمسين يوما ، وذلك عندما تكون القرون ناضجة جزئيا ، ولكن يعيب على تلك الطريقة ما يلى :

١ - تكون البذور التى تنتجها تلك النباتات ضعيفة ، وتعطى بادرات بطيئة النمو ، مقارنة بالبذور المكتملة النمو .

٢ - لا تسمح هذه الطريقة بتلقيح النباتات المنتخبة رجعيا ، أو مع نباتات أخرى مرغوب

فيها .

٣ – قد تتعرض جذور النباتات المنتجة – فى تلك المرحلة المتأخرة من النمو – للإصابة ببعض الفطريات المسببة للعفن ، مما يحدث تلفا فى قشرة الجذور يصعب معه التقييم للمقاومة .

ومن الطرق الأخرى التى استخدمت لتقييم نباتات الفاصوليا لنيماتودا تعقد الجذور إجراء الزراعة والعدوى الصناعية فى أحواض زجاجية شفافة ؛ كتلك التى تستخدم فى دراسات نمو الجذور ، وبذا .. يمكن ملاحظة تكوين الثآليل مباشرة .

عدوى البذور

يمكن عدوى البذور صناعيا بجراثيم الفطر الجافة المسحوقية ، أو بأى جزء آخر من المسبب المرضى . وقد تجرى العدوى بغمر البذور لفترة قصيرة فى معلق لجراثيم الفطر. ويراعى – فى كل الحالات – عدم زيادة أعداد الجراثيم – التى تصل إلى البذور على الحد المناسب .

وحقيقة الأمر أن ما يحدث فى هذه الطريقة هو تلويث للبذور بالمسبب المرضى (وليس إصابتها به) ؛ بحيث يكون الطفيل قريبا من العائل منذ المراحل الأولى لإنبات البذور . وتجرى هذه الطريقة خاصة عند العدوى بفطريات التفحم المغطى فى النجيليات . فمثلا .. تعدى بذور الشعير بالفطر <u>Ustilago</u> <u>nigra</u> بنقعها فى معلق لجراثيم الفطر لمدة ١٥ دقيقة، ثم يصفى الماء الزائد وتحضن البذور فى حضان رطب لمدة ٢٤ ساعة على درجة ٢٠°م ، ثم تزرع بعد ذلك .

عدوى الأزهار

تتبع طريقة عدوى الأزهار – أساسا – فى حالات التفحم السائب ، وفى مرض الإرجوت فى الشيلم . تعدى الأزهار بجراثيم الفطر بالرش ، أو بالتعفير ، أو بالحقن ، حيث ينتقل الفطر منها إلى الأجنة التى تتكون بعد الإخصاب (Kiraly وآخرون ١٩٧٤) . فمثلا .. تستعمل الرشاشات الحقلية لعدوى الشيلم فى الحقل بالفطر <u>Claviceps</u> المسبب لمرض الإرجوت ، وتحقن جراثيم التفحم السائب فى نورة نبات القمح ؛ باستعمال محقنة تحت

جلدية ، وتعدى نورات القمح والشعير بجراثيم التفحم السائب تحت تفريغ .

عدوى الثمار

لا تفضل عدوى الثمار إذا أمكن تقييم النباتات عن طريق الأجزاء النباتية الأخرى فى طور مبكر من النمو ، لأن عدوى الثمار يتطلب الانتظار وقتا طويلا إلى أن تثمر النباتات ، كما أن وصول النباتات إلى هذه المرحلة المتقدمة من النمو يتطلب مساحات أكبر من الوحدات التجريبية لإجراء عملية التقييم . وبالرغم من ذلك .. فإنه يلزم عدوى الثمار ذاتها فى بعض الأحيان ، كما فى مرض الأنثر اكنوز فى الطماطم .

وقد حصل Robbins وآخرون (١٩٧١) على ٩٥ ٪ إصابة بالأنثراكنوز فى ثمار صنف الطماطم Heinz 1350 بوضع نقطة صغيرة من معلق جراثيم الفطر على سطح الثمرة بواسطة محقنة ، ثم ثقب بشرة الثمرة تحت نقطة المعلق بإبرة المحقنة . وقد ظهرت أعراض المرض فى حرارة الغرفة وفى الرطوبة الجوية العادية ، وبذا .. لم تكن هناك حاجة إلى التحكم فى درجات الحرارة أو الرطوبة الجوية .

الطرق المختبرية (المعملية) لتقييم مقاومة النباتات للأمراض

تتعدد الطرق المختبرية المستخدمة فى تقييم مقاومة النباتات للأمراض ، ومن أمثلتها ما يلى :

عدوى الأوراق المفصولة

تتبع طريقة عدوى الأوراق المفصولة عن النبات (detached leaves) مع كثير من المسببات المرضية الفطرية ، مثل فطريات الأصداء ، والبياض الزغبى ، والبياض الدقيقى ، وتبقع الأوراق السركسبورى . ولاتباع هذه الطريقة تُعَوم الأوراق على محلول سكروز بتركيز ١ - ٣ ٪ فى ماء معقم ، و تجرى العدوى برش جراثيم الفطر ، أو نثرها جافة على سطح الورقة التى تعرض لإضاءة شدتها ١٠٠ قدم - شمعة لمدة ١٢ - ٢٤ ساعة ، مع درجة حرارة ٢٠ - ٢٤ °م . ويمكن - إضافة ٥٠ جزءاً فى المليون من الـ benzimidazole ؛ لتثبيط نمو الكائنات المترممة .

وقد أمكن عدوى الأوراق الأولية للفاصوليا بأى من الفطرين Botrytis cinerea ، أو Sclerotinia sclerotiorum ، وذلك برش الأوراق المفصولة بمعلق لجراثيم الفطر بتركيز مليونَىْ جرثومة / مل من محلول فوسفات غير عضوى منظم ($KH_2 PO_4$ بتركيز ٥ر٦٢مللى مول) (Leone & Tonneijck ١٩٩٠) .

التقييم بسموم المسببات المرضية

يمكن اتباع هذه الطريقة تحت ظروف الصوبات كذلك ، وفيها تستخدم السموم Toxins التى تفرزها المسببات المرضية أثناء نموها فى البيئات الصناعية فى تقييم النباتات لمقاومة الأمراض التى تحدثها تلك المسببات المرضية ، إذا أنها تتسبب – فى بعض الحالات – فى أحداث أعراض مماثلة للأعراض التى تحدثها الإصابة بالمسبب المرضى ذاته .

كان أول استخدام لهذه الطريقة فى التقييم للمقاومة للفطر Helminthosporium victoriae فى الشوفان كما يلى : نقعت بنور الشوفان لمدة نصف ساعة فى الماء ، ثم وضعت فى طبقة بسمك ١٢ مم داخل أحواض خشبية ، وحوفظ عليها مبتلة على حرارة ٢٧°م لمدة يومين ، ثم رشت بعد ذلك بمحلول سُم الفطر ، ثم أبقيت على نفس درجة الحرارة لمدة يومين آخرين . اختبر بهذه الطريقة أكثر من ١٠٠ بوشل من البذور (حوالى ٥ر٤ × ٧١٠ بذرة شوفان) خلال أربعة أيام . وقد ظهرت بادرات خالية من أعراض المرض بمعدل ٥٠ بادرة لكل بوشل من البذور ، وتبين من الاختبارات التالية بالفطر ذاته أن ٩٢ ٪ من هذه البادرات كانت مقاومة فعلا للمرض (Wheeler & Luke ١٩٥٥) .

وقد أوضحت الدراسات التالية لذلك أن هذا الُسم الفطرى – الذى أطلق عليه اسم Victorin – يسبب تلفاً كبيرا للأغشية الخلوية بالأصناف القابلة للإصابة ، بينما لم يكن له تأثير يذكر فى الأصناف المقاومة . كما تبين أن مقاومة النباتات لهذا السم الفطرى كانت بسيطة وسائدة .

كذلك وجد أن النواتج الأيضية لبيئة الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى الكرنب (السلالة ١) ، والفطر المسبب لذبول الفجل (السلالة ٢) تحدث أعراضاً مرضية شبيهة بالأعراض الأولى للمرض لدى إضافتها إلى مزارع رملية للنباتات القابلة للإصابة . وقد

أحدثت إفرازات السلالة (١) أعراض المرض فى كل من الكرنب والفجل ، بينما أحدثت إفرازات السلالة (٢) أعراض المرض فى الفجل فقط ، وهو ما يتمشى مع حقيقة أن السلالة (١) تصيب كلا من العائلين ، بينما تصيب السلالة (٢) الفجل فقط (عن Walker ١٩٦٥) .

ومن أهم الأمراض النباتية (الفطرية) التى تظهر أعراضها نتيجة لإفراز مسبباتها لسموم خاصة ما يلى (عن Daly & Knoche ١٩٨٢) :

الفطر المسبب للمرض	العائل
Alternaria kikuchiana	الكمثرى
A . mali	التفاح
A . citri	البرتقال – اليوسفى – الليمون المخرفش
A . alternata	الشليك
A. alternata f. sp. lycopersisci	الطماطم
Helminthosporium victoriae	الشوفان
H . carbonum	الذرة
H. maydis	الذرة
H. sacchari	قصب السكر
Periconia circinata	الذرة الرفيعة
Phyllosticta maydis	الذرة الشامية

وغالبا ما تكون المقاومة لسموم المسببات المرضية صفة وراثية بسيطة .

وقد اختبر Kuti & Ng (١٩٨٩) مقاومة الفطر Myrothecium roridum فى القاوون بعدوى الأوراق المفصولة ؛ إما بالفطر ذاته ، وإما بالمركب roridin E – وهو من إفرازات الفطر السامة لنبات القاوون – وتبين وجود اختلافات وراثية بين النباتات المختبرة فى تحملها لكل من الفطر وإفرازاته السامة ، وكان معامل الارتباط بينهما ٩٤ر٠ .

وترجع أهمية اختبارات المقاومة التى تجرى بهذه الطريقة إلى إمكان تقييم أعداد هائلة

من البذور والبادرات بيسر وسهولة خلال فترة زمنية وجيزة وفى مساحة صغيرة . ويفضل عند اتباع هذه الطريقة استخدام تركيزات منخفضة نسبيا من سموم المسببات المرضية فى البداية ؛ حتى لا يقضى على جميع التراكيب الوراثية التى قد تكون على درجات متوسطة من المقاومة ، ثم تعرِّض هذه النباتات - أو أنسالها - لتركيزات أعلى من السموم بعد ذلك (Durbin ١٩٨١) .

هذا .. إلا أنه يجب الحذر من أن استخدام إفرازات أو سموم المسببات المرضية فى تقييم المقاومة للأمراض قد يؤدى إلى نتائج خاطئة . فمثلا .. وجد أن الفطر Verticillium albo - atrum يصيب كلا من النباتات المقاومة والقابلة للإصابة ، ويمتد أعلى الساق ، لكن لا تظهر أعراض المرض إلا فى الأصناف القابلة للإصابة فقط ، وهى التى يفرز فيها الفطر سمومه التى تحدث الأعراض المشاهدة ؛ أى إن المقاومة ترجع إلى قدرة النباتات المقاومة على الحد من إفراز الفطر لسمومه فيها ؛ وبذا .. فإن استعمال سموم الفطر فى تقييم المقاومة فى حالات كهذه - يؤدى إلى نتائج خاطئة .

ولمزيد من التفاصيل عن سموم مسببات الأمراض النباتية واستخداماتها فى تقييم المقاومة .. يراجع Durbin (١٩٨١) ، و Daly & Knoche (١٩٨٢) .

استعمال مزارع الانسجة فى اختبارات مقاومة الأمراض

تعددت محاولات استخدام مختلف أنواع مزارع الأنسجة من قبل مربى النبات لانتخاب سلالات مقاومة للأمراض ؛ فمثلا .. أمكن الاستفادة من مزارع الخلايا فى إنتاج سلالات دخان مقاومة لفيرس التبرقش . وقد تحقق ذلك بعدوى أوراق نبات دخان أحادى المجموعة الكروموسومية بشكل متجانس تماما بإحدى سلالات الفيرس ، ثم تعريضها لأشعة جاما . وأخذت بعد ذلك أجزاء من نسيج هذه الأوراق ، وزرعت فى بيئة مغذية ، تحتوى على تركيز مرتفع من السيتوكينين ، وعرضت لإضاءة قوية . وقد سمحت هذه الظروف بحدوث نمو غير متساو للخلايا المحتوية على الفيرس (القابلة للإصابة) والخالية منه (المقاومة التى حدثت بها الطفرات) ؛ بحيث أمكن التمييز بين الكالس الأصفر البطىء النمو (المصاب) ، والأخضر السريع النمو (المقاوم) . وأمكن من بين ٣٢١٠ Calli (جمع كالس) الحصول على سبعة نباتات كانت مقاومة للفيرس ، هذا .. بينما لم يحصل على أية نباتات مقاومة

للفيرس من الأوراق التى لم تعرض للأشعة . وقد استمرت المقاومة فى نسل هذه النباتات ، وظهرت على شكل نقص فى تركيز الفيرس ، وضعف حركته فى النبات ؛ مما أدى إلى تأخير ظهور الأعراض لمدة ٣ – ٨ أسابيع ، مقارنة بالنباتات غير المقاومة (عن Daub ١٩٨٤) .

استخدمت كذلك سموم المسببات المرضية فى انتخاب سلالات خلايا Cell Lines مقاومة لهذه المسببات . وتتميز هذه الطريقة بسهولتها ، وبأن جميع الخلايا تعرض لمستوى واحد من سموم المسببات المرضية ، ولكن يعيبها أن نسبة بسيطة فقط من المسببات المرضية هى التى تنتج سموما ، وأن قليلا من هذه السموم هو الذى أمكن عزله وتنقيته ، لاستخدامه فى الانتخاب للمقاومة ، كما أن بعض السموم تكون خاصة بعوائل معينة host- specific وتحدث بها نفس الأعراض التى تحدثها المسببات المرضية ذاتها ، بينما تكون سموم أخرى ذات تأثير عام non - host – speceific على عدد كبير من الأنواع النباتية ، ويكون دورها فى إحداث الأعراض المرضية أقل من سابقتها . ومن أمثلة سلالات الخلايا التى انتخبت لمقاومتها لسموم المسببات المرضية أو راشح بيئاتها Culture Filtrates ، والتى تميزت منها نباتات كاملة ما يلى :

١ – مقاومة البكتيريا Pseudomonas syringe فى الدخان .

٢ – مقاومة فطرى Phytopthora infestans ، و Fusarium oxysporum فى البطاطس .

٣ – مقاومة فطر Phoma lingam فى Brassica napus (عن Daub ١٩٨٤) .

٤ – أمكن كذلك عزل سلالات من الذرة ، تحتوى على صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى مع مقاومة سموم السلالة T من الفطر Helminthosporium maydis المسبب لمرض لفحة الأوراق الجنوبية ، بواسطة تعريض مزارع أنسجة من سلالات ذرة – تحمل سيتوبلازم تكساس الخاص بالعقم الذكرى – لسموم الفطر ، ووجد أن صفة المقاومة هذه تورث عن طريق السيتوبلازم ، وأن النباتات المنتخبة كانت مقاومة لدى اختبارها تحت ظروف الحقل .

وجدير بالذكر ، أن جميع أصناف الذرة التى تحتوى على سيتوبلازم تكاس العقيم الذكر Texas Male Sterile Cytoplasm تصاب بهذا الفطر بدرجة أكبر بكثير من الأصناف الأخرى. ويبدو أن سم هذا الفطر يؤثر فى الميتوكوندريا (عن Cooking &Riley

(١٩٨١).

كذلك يمكن الاستفادة من مزارع حبوب اللقاح فى إنتاج - نباتات أحادية يؤدى اختبارها بالطرق العادية إلى الكشف عن الجينات المتنحية المسئولة عن المقاومة ، والتى قد توجد مستترة وراء آليلات أخرى سائدة تتحكم فى القابلية للإصابة . وتزداد أهمية هذه الطريقة بالنسبة للنباتات المتضاعفة .

ولمزيد من التفاصيل عن دور مزارع الأنسجة فى الانتخاب لمقاومة الأمراض .. يراجع Callow & Dow (١٩٨٠) ، و Earle & Gracen (١٩٨١) ، و Daub (١٩٨٤) .

استخدام الاختبارات الهستولوجية فى تقييم المقاومة

ترتبط الاختبارات الهستولوجية بطبيعة مقاومة بعض الأمراض ، ويستفاد من ذلك فى إجراء اختبارات سريعة للمقاومة . ومن أمثلة ذلك ما وجد من علاقة بين المقاومة لذبول فيرتسيلليم فى البطاطس واختبار هستولوجى للفينولات ؛ فباستعمال كلوريد الحديديك وأحمر المثيل - تحت ظروف الحقل - ارتبطت التغيرات فى شدة اللون بالمقاومة ، حيث أظهرت الأصناف القابلة للإصابة تلونا أقل ، ونقص فيها اللون بسرعة أكبر مما فى الأصناف المقاومة (McLean وآخرون ١٩٥٦).

استخدام النشاط الإنزيمى فى تقييم المقاومة

يرتبط نشاط إنزيمات معينة فى النبات بمقاومته لبعض الأمراض ، لعلاقة ذلك بطبيعة المقاومة لتلك الأمراض ، و من أمثلة ذلك إمكان الاختبارللمقاومة الأفقية للندوة المتأخرة فى البطاطس ؛ بتقدير نشاط إنزيم البيروكسيديز فى النباتات البالغة ، علما بأن هذا الارتباط بين المقاومة ونشاط الإنزيم لا يتوفر فى حالة المقاومة الرأسية ، أو فى المراحل المبكرة من النمو فى حالة المقاومة الأفقية . كذلك يوجد ارتباط آخر بين نفس المقاومة ونشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز . وتستخدم لهذه الاختبارات الورقة الخامسة أو السادسة من القمة النامية للنبات (Kiraly وآخرون ١٩٧٤) .

تقييم المقاومة عن طريق دراسة الايزو إنزيمات

حدث تقدم كبير فى طريقة التقييم لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم بعد أن قام Rick & Fobes عام ١٩٧٤ بدراسة الإنزيمات المتشابهة isoenzymes التى توجد فى الطماطم ، و فصلها بطريقة الـ starch gel electrophoresis ، وقد تبين لهما أن صنف الطماطم VFN8 ، وخمسة أصناف أخرى – مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور – تختلف عن باقى الأصناف المختبرة – التى كانت قابلة للإصابة بالنيماتودا – فى الأيزوإنزيمات الخاصة بالـ acid phosphate ، فكانت الأصناف القابلة للإصابة تحمل الآليل $Aps\text{–}1^{+}$، بينما احتوت الأصناف المقاومة على الآليل $Aps\text{–}1^{1}$. هذا .. مع العلم بأن الآليل الأخير لم يكن معروفا قبل ذلك إلا فى النوع البرى L.peruvianum .

وبتلقيح نبات مقاوم للنيماتودا ذى تركيب وراثى $Aps\text{–}1^{1}$ $Aps\text{–}1^{1}$ مع نبات آ خر قابل للإصابة ذى تركيب وراثى $Aps\text{-}1^{+}$ $Aps - 1^{+}$ انعزل الجيل الثانى إلى ++ ، و +1 ، و 11 بنسبة ١٦ : ١٩ : ١٠ على التوالى ، وكانت النباتات ذات التركيب الوراثى ++ وحدها هى القابلة للإصابة بالنيماتودا . ولذا .. افترض وجود علاقة بين الآليل $Aps - 1^{1}$ والمقاومة مردّها إما إلى وجود تأثير متعدد للجين ، وإما إلى وجود ارتباط وثيق بين هذا الجين والجين المسئول عن المقاومة ، لكن الاحتمال الأول استبعد بعد اكتشاف وجود الآليل $Aps - 1^{+}$ فى بعض النباتات المقاومة . وبذا .. تأكد أن العلاقة ليست سوى ارتباط وثيق بين الجين $Aps\ –1^{1}$ والجين Mi المسئول عن المقاومة للنيماتودا .

وتدل المشاهدات على أن هذا الارتباط لابد وأن يكون وثيقا لأن الجينين انتقلا معا من النوع البرى L.peruvianum إلى الصنف VFN8 ، ثم إلى الأصناف الأخرى المقاومة للنيماتودا بعده، بالرغم من إجراء عديد من التلقيحات الرجعية.إلا أن الجين$Aps\text{–}1^{1}$ لايوجد إلا فى الأصناف التى حصلت على مقاومتها من الصنف VFN8 ، بينما يوجد الجين $Aps\text{–}1^{+}$ فى الصنف المقاوم Anahu وجميع الأصناف التى حصلت على مقاومتها منه ، مما يدل على أن العبور حدث فى الأجيال المبكرة أثناء إنتاج الصنف Anahu . وعندما لقح الصنفان المقاومان Short Red Cherry (وتركيبه الوراثى $(Aps\text{–}\ 1^{1}\ Aps\ \text{-}1^{1}$) مع الصنف Nematex (وتركيبه الوراثى $(Aps^{1+}\ Aps\text{-}1^{+}$) كانت جميع نباتات الجيل

الثانى مقاومة للنيماتودا ، بينما انعزلت بالنسبة للموقع الجينى Aps-1 ؛ الأمر الذى يفيد اشتراكهما فى نفس جين المقاومة .

ولكى يمكن الاستفادة من هذا الارتباط الشديد بين جين مقاومة النيماتودا Mi ، والجين Aps-1 .. فإن النباتات التى تستخدم كمصدر للمقاومة يجب أن يكون تركيبها الوراثى $Aps\ 1^1\ Aps\ 1^1$.

ويتوفر هذا التركيب الوراثى فى الصنف VFN8 والأصناف الأخرى التى حصلت على مقاومتها منه . ويجرى التقييم بسهولة كبيرة بالاستعانة بطريقة الفصل الكهربائى Electrophoresis التى يمكن بواسطتها تمييز التراكيب الوراثية $Aps\text{–}1^1\ Aps\text{-}1^1$ ، و $Aps\text{–}1^+\ Aps\text{–}1^1$ ، و $Aps1^+\ Aps1^+$ عن بعضها البعض ، وهى التى تكون – على التوالى – مقاومة أصيلة ، ومقاومة خليطة ، وقابلة للإصابة أصيلة بسبب الارتباط الشديد بين الجين Mi ، و Aps-1 .

يستخدم للاختبار – أى جزء من أنسجة النباتات المختبرة ، وإن كان التقييم يجرى – عادة – على بادرات عمرها ثلاثة أسابيع . يعمل الفصل الكهربائى على تمييز الأيزوإنزيمات isoenzymes التى يتحكم فى إنتاجها الأليلان $Aps\text{–}1^1$ ، و $Aps\text{–}1^+$.

وتتميز طريقة التقييم هذه لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور بما يلى :

١ – التوفير فى الوقت والجهد .

٢ – لا يلزم إجراء اختبار النسل للتميز بين النباتات المقاومة الأصيلة والمقاومة الخليطة ، لأن اختبار التقييم يميز بينهما مباشرة .

٣ – يمكن انتخاب النباتات المقاومة فى طور البادرة ، ثم شتلها فى الحقل ؛ لتقييم الصفات البستانية ، وهو ما يصعب تحقيقه عند إجراء تقييم المقاومة بالطريقة العادية .

٤ – يمكن تقييم النباتات للمقاومة فى أى وقت ، وفى أية مرحلة للنمو من بداية الإنبات حتى الحصاد . كما يمكن إجراء التقييم على عينات الأوراق المجمدة ، وعلى المتوك الجافة للنباتات التى تؤخذ منها البذور .

٥ – يمكن إجراء الاختبار بسرعة على نباتات يبلغ عمرها ثلاثة أسابيع مع الحصول على نتائج مؤكدة ، بينما يلزم مرور من ٦ – ١٠ أسابيع ليمكن إجراء الاختبار بالطريقة العادية ، مع احتمال فقدان بعض النباتات بسبب الإصابة بالذبول الطرى ، وإفلات البعض الآخر من الإصابة بالنيماتودا .

٦ – يمكن لشخص واحد تقييم نحو ١٤٠ نباتا يوميا .

٧ – يمكن التعاون بين موقعين بحثيين بإجراء اختبار المقاومة بهذه الطريقة فى أحدهما ، و تقييم النباتات المنتخبة للصفات البستانية فى الموقع الآخر .

هذا .. ويعطى Medina Filho & Stevens (١٩٨٠) التفاصيل العملية لتقييم المقاومة للنيماتودا بهذه الطريقة باستعمال الـ Starch Gel Electrophoresis .

طرق انتقال الفيروسات النباتية Transmission of Plant Viruses

تتنوع كثيرا الطرق التى تنتقل بها الفيروسات النباتية ، ولكن كل فيرس منها يتميز بأن له طريقة أو طرقا معينة ينتقل بها لايمكنه الانتقال بغيرها . وتفيد دراسة تلك الطرق فيمايلى :

١ – التعرف على أفضل الطرق لمكافحة الفيرس ، وهى التى تعتمد على منع انتقال الإصابة أصلا .

٢ – تمكين الباحثين من إجراء كافة الدراسات التى تعتمد على العدوى الصناعية بالفيرس ؛ بما فى ذلك دراسات التربية لمقاومة الفيرس .

٣ – تعد وسيلة – أو وسائل – انتقال الفيرس من الخصائص المميزة التى تفيد فى تحديد هوية الفيرس .

ونقدم – فيما يلى – شرحا للطرق التى تنتقل بها الفيروسات النباتية .

الانتقال الميكانيكى Mechanical Transmission بالعصير الخلوى

إن الانتقال بالعصير الخلوى (SapTransmission) يجرى بإضافة المستخلص النباتى المحتوى على الفيرس (اللقاح Inoculum) على سطح أوراق نباتات سليمة . ولأجل نفاذ

جزيئات الفيرس إلى داخل النسيج الورقى للنبات السليم .. يلزم تجريح سطح الورقة (طبقتا الأنيم ، والبشرة) صناعيا . وعند ما يكون النبات المحقون بهذه الطريقة قابلا للإصابة .. فإنه قد يستجيب للعدوى بأى مما يلى :

١ - ظهور بقع موضعية (محلية) Local Lesions على الأوراق المعدية بالفيرس .
٢ - ظهور أعراض جهازية Systemic Symptoms كالتبرقش ، والموزايك ، وتشوهات الأوراق ، والبقع الموضعية المنتشرة فى كل أجزاء النبات .
٣ - عدم ظهور أية أعراض :

يلاحظ - فى هذه الحالة - أن الفيرس يتكاثر داخل النبات ، برغم عدم ظهور أية أعراض عليه ، ويرجع ذلك إما إلى أن العائل يتحمل الإصابة Tolerant بالفيرس ، وإما لتأثير العوامل البيئية التى قد تخفى أعراض الإصابة .

وبالمقارنة بالحالات السابقة التى يكون فيها العائل قابلا للإصابة .. فإن العدوى الميكانيكية لا يترتب عليها ظهور أية أعراض مرضية فى حالتين أخريين ؛ هما :

١ - حالة المقاومة Resistance :

وفيها ينجح الفيرس فى دخول النبات ولكن لايمكنه التكاثر فيه ، ولاينتقل إلى أجزاء أخرى منه .

٢ - حالة المناعة Immunity :

وفيها لايتمكن الفيرس من مجرد دخول النبات .

وتجدر الإشارة إلى أن الفيروسات لا تنتقل جميعها ميكانيكيا ، برغم شيوع تلك الوسيلة للانتقال بين الفيروسات النباتية ، فلا تنتقل - عادة ميكانيكيا - الفيروسات التى تنتقل بواسطة نطاطات الأوراق ، والذباب الأبيض ، وكذلك الفيروسات الباقية (المثابرة) Persistent وشبه الباقية (شبه المثابرة) Semipersistent التى تنتقل بواسطة المن .

ونتناول - فيما يلى - موضوع الانتقال الميكانيكى من الأوجه التالية :

أولاً: اختيار العوائل الدالة على الفيرس

تعطى العوائل الدالة على الفيرس Indicator Hosts أعراضا مميزة عند عدواها به . ويمكن - عند استخدام مجموعة منها - التمييز بين الفيروسات على أساس اختلاف تلك العوائل فى مقاومتها (مناعتها) وقابليتها للإصابة بمختلف الفيروسات . وأكثر النباتات الدالة استخداما هى :

Chenopodium amaranticolor (يصاب بأكثر من ٤٠ فيرسا)

Chenopodium quinoa

Cucumis sativus

Datura stramonium

Gomphrena globosa

Nicotiana benthamiana

Nicotiana glutinosa

Nicotiana tabacum " Xanthi "

Nicotiana tabacum " Samsun "

Phascolus vulgaris " Pinto "

Vicia faba

Vigna ungiculata

ويمكن الحصول على بذور الأنواع غير المتوفرة لدى الباحث من تلك العوائل الدالة من :

Plant Introduction

Germplasm Resources Laboratory

Agricultural Research Center

Beltsville, MD. 20705

U.S.A.

ويتعين عند إكثار بذور هذه الأنواع النباتية أن يجرى ذلك فى صوبة سلكية منيعة ضد الحشرات .

ومن المعروف أن خفض شدة الإضاءة يزيد من قابلية بعض النباتات للإصابة ببعض الفيروسات . ولذا يوصى بإبقاء نباتات العوائل الدالة فى الظلام لعدة ساعات ، أو ليوم أو يومين ، لأن ذلك قد يزيد من قابليتها للإصابة .

وللتخلص من الطفيليات والفيروسات التى تعيش فى التربة .. يتعين تعقيم التربة – التى تزرع فيها النباتات – بالبخار على ١٠٠°م لمدة نصف ساعة .

كما يتعين عن إجراء الاختبار أن تكون الزراعة فى صوبة خالية من الحشرات ، أو فى صوبة سلكية منيعة ضد الحشرات ، وأن تعزل النباتات السليمة بمفردها فى حجرة منفصلة، لكى لايصل إليها الفيرس من النباتات المصابة ، وأن ترش جميع النباتات فى الصوبة دوريا بالمبيدات الحشرية المناسبة لمنع تكاثر الحشرات .

ثانيا : تحضير اللقاح Preparation of Inoculum

إن اللقاح هو العصير الخلوى الذى يستخلص من النباتات المصابة . ويتعين – عند اختيار الأوراق المصابة التى يستخلص منها الفيرس – أن تؤخذ الأمور التالية فى الحسبان:

١ – ليس من الضرورى أن يكون محتوى الأوراق من الفيرس مرتبطا – دائما – بشدة الأعراض التى تظهر عليها .

٢ – توجد التركيزات العالية من الفيرس – غالبا – فى الأنسجة الحديثة .

٣ – لايمكن انتقال بعض الفيروسات إلا فى أوقات معينة من السنة .

ولاستخلاص العصير الخلوى .. تسحق الأوراق المصابة فى هاون صينى مع محلول منظم مناسب بنسبة جزء من الأوراق : ٢ – ٥ أجزاء من المنظم . وأكثر المحاليل المنظمة استخداما منظم الفوسفات بتركيز ١ ,. مولار و pH = ٧,٠ .

ويحضر منظم الفوسفات بتحضير محلولين كما يلى :

محلول (أ) : ١,٣٦جم KH_2PO_4 فى ١٠٠٠ مل ماء .

محلول (ب) : ١٫٧٨ جم $Na_2HPO_4 . 2H_2O$ فى ١٠٠٠ مل ماء .

يخلط ٥١٫٠ مل من محلول (ب) مع ٤٩٫٠ مل من محلول (أ) لنحصل على ١٠٠ مل من منظم الفوسفات بتركيز ٠١ر٠ مولار ، و pH = ٧٫٠ .

وتفيد كثيرا إضافة مادة محدثة للجروح Abrasive إما إلى سطح الأوراق قبل عدواها بالفيرس ، وإما إلى اللقاح ذاته ، لإحداث الجروح التى يدخل من خلالها الفيرس إلى النبات.

ويعد الكربورندم Carborandum أكثر المواد استخداما فى هذا الشأن ، وهو عبارة عن مسحوق كربيدالسيليكون Silicon Carbide (٤٠٠ – ٦٠٠مش Mesh .. أى تنفذ جيباته من غرابيل دقيقة تحتوى على ٤٠٠ – ٦٠٠ ثقب بكل بوصة طولية) مع السيليت Celite . ويستخدم الكاربورندم – فى حالة إضافته إلى اللقاح – بنسبة ٥ر٠ – ٠ر١ ٪ (حجم / مل) .

وتحتوى عديد من النباتات على مركبات يؤدى وجودها فى العصير الخلوى المستخلص من النباتات المصابة إلى تثبيط نشاط الفيروسات ، أو تقليل فاعليتها فى إحداث الإصابة ، أو الحد من كفاءة انتقالها . ويمكن تجنب تأثير هذه المركبات باستعمال ما يعرف بالإضافات المثبتة Stabilizing Additives ؛ وهى مواد تعمل – عند إضافتها إلى اللقاح – على تثبيت فاعلية الفيروسات حتى مع وجود المركبات المثبتة لها فى العصير الخلوى . ومن المركبات المستخدمة فى هذا المجال ما يلى :

المركب	التركيز
Ethylenediamine tetraacetic acid trisodium salt (EDTA)	٠٠٠٥ ر ٠ – ١ر ٠ مولاراً
Thioglycollic acid (TGA)	١٠ر ٠ – ١ ر ٠ مولاراً
2- mercaptoethanol (MCE)	٠١٥ ر ٠ – ١٥ ر ٠ مولاراً
Sodium diethyldithiocarbamate (DIECA)	٠١ ر – ١ ر ٠ مولاراً
Ascorbic acid (Vitamin C)	٠٢ ر – ١٧ ر ٠ مولاراً
Sodium sulfite (Na_2SO_3)	٠٢ ر – ٥ ٠ ر مولاراً
Bovine serum albumine	٠١ ر ٪

تضاف أى من المركبات السابقة فى حدود مجال التركيز الموضح قرين كل منها ، ويتوقف اختيار المركب والتركيز على كل من الفيرس والعائل المستخلص منه .

ثالثاً : طريقة التلقيح (العدوى) الميكانيكية

تجرى الطريقة الروتينية للعدوى الميكانيكية بالفيرس كما يلى : يسحق نحو ٣ جم من الأوراق المصابة بالفيرس مع ١٠ – ٢٠ مل من محلول منظم الفوسفات (pH = ٧٫٠) فى هاون صينى معقم .يضاف EDTA ، أو DIECA كمادة مثبتة . يحك المعلق بلطف على سطح الأوراق السليمة للعوائل الدالة بعد نثر قليل من الكربوروندم على سطحها ، ويلى ذلك غسيل الأوراق المعدية بالماء .

ويجب أن تؤخذ الأمور التالية فى الحسبان عند إجراء العدوى الميكانيكية :

١ – يعدى نباتان – على الأقل – من كل من العوائل الدالة ، مع الاحتفاظ بنبات آخر سليم من كل منها لمقارنة النمو الطبيعى بما قد يظهر من أعراض على النباتات المعدية .

٢ – قد يساعد إبقاء نباتات العوائل الدالة فى الظلام (لعدة ساعات ، أو ليوم أو يومين قبل عدواها بالفيرس) على زيادة قابليتها للإصابة .

٣ – تكون النباتات الصغيرة – بوجهٍ عام – أكثر قابلية للإصابة بالفيروسات من النباتات الكبيرة العمر .

٤ – تكون النباتات – بوجهٍ عام – أكثر قابلية للإصابة بعد الظهر .

٥ – تجرى العدوى على السطح العلوى للأوراق ، وتختلف الورقة المناسبة باختلاف العائل ، فهى الأوراق الأولية فى البسلة والفاصوليا ، والفلقات فى الخيار ، و الأوراق الرابعة إلى الثامنة فى الـ Chenopodium ، وأية ورقة على النبات فى مرحلتى نمو الورقتين الحقيقيتين الثالثة والرابعة فى التبغ ، و عند تكوين زوج الأوراق الأول والثانى فى الداتورة.

٦ – يجب أن تكون الزجاجيات المستخدمة فى عملية العدوى معقمة ، ويجرى التعقيم فى الأتوكليف على درجة ١٢٠°م لمدة ٣٠ دقيقة ، أو بوضع الزجاجيات فى ماء يغلى لمدة ثلاث ساعات .

٧ – إما أن ينثر الكربورندم على سطح الأوراق قبل عدواها بالفيرس ، وإما أن يضاف إلى اللقاح ذاته .

٨ – تجرى عملية العدوى بحك اللقاح على سطح الورقة برفق ، مع استعمال قطعة من القطن ، أو قطعة ذات عدة طبقات من الشاش ، أو قضيب زجاجي ذى نهاية مبططة .

٩ – يجب غسيل الأوراق بالماء بعد العدوى مباشرة ، إذ يعتقد أن ذلك يساعد على التخلص من السموم الطبيعية التى قد توجد فى اللقاح وتعيق الإصابة الفيروسية ، كما يفيد فى تقليل الأضرار التى قد تحدثها المركبات الكيميائية التى تضاف إلى اللقاح ، و تساعد على وضوح أعراض الإصابة فيما بعد .

١٠ – يؤدى وضع النباتات فى الظلام لعدة ساعات – بعد عدواها بالفيرس – إلى جعلها أكثر قابلية للإصابة ، وأسرع فى ظهور الأعراض عليها .

١١ – يجب تجفيف الأوراق سريعا بعد غسيلها ، ويجرى ذلك إما باستعمال تيار هوائى من رشاشة يدوية صغيرة atomizer ، وإما باستعمال ورق نشاف .

رابعاً : ظهور وتسجيل أعراض الإصابة

يجب ملاحظة النباتات يوميا لعدة أسابيع ، وتمتد الفترة لعدة شهور فى حالة النباتات الخشبية ، مع مقارنة الأعراض المشاهدة بمظهر النباتات السليمة النامية تحت نفس الظروف . تظهر على كثير من النباتات بقع موضعية ، إلا أن أعراضا أخرى قد تظهر كذلك. ويجب التمييز بين الأعراض المحلية التى تظهر على الأوراق التى تمت عداوها بالفيرس ، والأعراض الجهازية التى تظهر على أجزاء النبات الأخرى .

ونذكر – فيما يلى – أكثر الأعراض ظهورا ، و الرموز التى تستخدم فى الإشارة إليها .

الأعراض	الرمز
بقع موضعية (أو محلية) Local lesions	LL
بقع موضعية متحللة necrotic local lesions	nLL
بقع موضعية مصفرة chlorotic local lesions	cLL
شفافية العروق vein clearing	Vc
موزايك mosaic	M
تبرقش mottle	Mo
تحلل جهازى systemic necrosis	N
تشوه malformation	Mal
بقع حلقية ringspot	RS

خامساً : اختبار النقط الموضعية

يستخدم اختبار النقط الموضعية Local Lesion Assay فى قياس تركيز الفيروسات النباتية كميا . ويبنى هذا الاختبار على أساس أن بعض العوائل تستجيب للعدوى ببعض الفيروسات بتكوين بقع محلية متحللة منفردة . وقد يستمر الوضع المحلى المنفرد لهذه البقع، أو تتجمع وتلتحم معا ، أو تصبح الإصابة جهازية ، ويتوقف ذلك على الفيرس والعائل . وعند استخدام المجال المناسب من تركيز الفيرس ، فإن اختبار النقط الموضعية يعطى دليلا قويا على تركيزه فى المصدر الأصلى (اللقاح أو العصير الخلوى للنبات المصاب)

ومن أهم العوامل التى يتعين أخذها فى الحسبان عند إجراء هذا الاختبار ما يلى :

١ - أن تكون جميع النباتات المستخدمة فى الاختبار بعمر واحد ، وحجم واحد ، ولون واحد ، وحصلت على معاملات سمادية واحدة .

٢ - تقليل عدد أوراق النبات - بالتقليم - إلى أربع أوراق أو خمس فقط ، مع إزالة القمة النامية فى حالة استعمال N. glutinosa .

٣ - قد يكون من المفضل إجراء المقارنات بين أنصاف الأوراق المتقابلة ، لأن النتائج تكون أكثر دقة ، لأن الاختبار يلزمه - فى هذه الحالة - عدد أقل من النباتات . والأفضل من

ذلك اختيار أحد تحضيرات الفيرس ليكون قياسياً واستعماله فى عدوى أنصاف الأوراق ، بينما تعدى الأنصاف المقابلة لها بالتحضيرات الأخرى ، وبذا .. يمكن مقارنة كل تحضير بالتحضير القياسى ، ومقارنة مختلف التحضيرات ببعضها البعض بطريقة غير مباشرة من خلال نتائج التحضير القياسى .

٤ – يمكن استعمال تصميم المربع اللاتينى دونما حاجة إلى تكراراستعمال التحضير القياسى .. فإذا كان لدينا خمسة تحضيرات للفيرس ، فإنها تستخدم فى عدوى خمس أوراق بكل من خمسة نباتات (خمس مكررات) ، بحيث يختلف ترتيب الأوراق المستخدمة فى العدوى بكل من التحضيرات الخمسة حسب شروط المربع اللاتينى .

٥ – يحسن فى حالة استعمال أنصاف الأوراق أن يعدى بالتحضير الواحد النصف الأيسر لإحدى الأوراق ، و النصف الأيمن لورقة أخرى ؛ لمعادلة حالة عدم التوازن التى قد تنشأ نتيجة لعدم تداول النصفين بنفس الكيفية .

٦ – يلزم الحرص الشديد عند استعمال الكربورندم حتى لاتُضارّ الأوراق .

٧ – التزام الحرص عند حك الأوراق ، مع مراعاة تجانس عملية الحك .

٨ – غسل الأوراق أو أنصاف الأوراق بالماء بعد الحقن مباشرة ، على ألا تزيد فترة الغسيل على ٢ – ٣ ثوان .

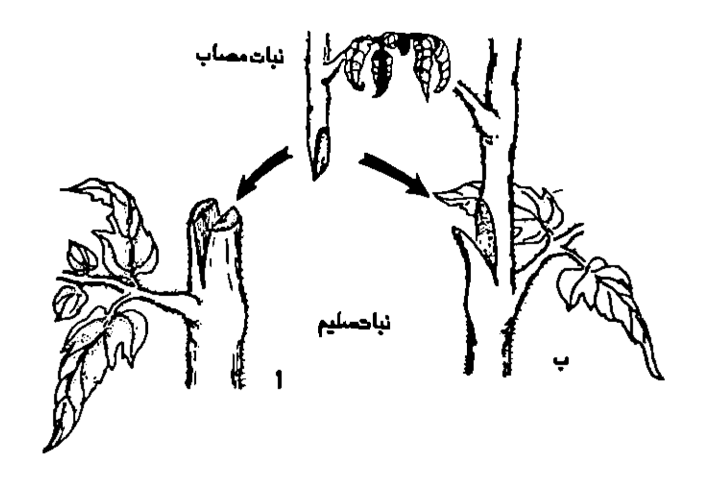
٩ – اختيار العائل المناسب للاختبار بعناية ، فمثلا تستخدم الفاصوليا ، و N. glutinosa مع فيرس موزايك الدخان ، و Gomphrena globosa مع فيرس × البطاطس (Smith ١٩٧٧)

الانتقال بالتطعيم Transmission by Grafting

تنتقل كل الفيروسات بواسطة التطعيم . وتجرى عملية التطعيم باستخدام شفرة حلاقة حادة (للأنسجة الحديثة) ، أو مشرط حاد (للأنسجة الخشبية) ، و شريط بلاستيكى بعرض حوالى سنتيمترين . ويجب تطهير الشفرة أو المشرط باللهب قبل استعمالها .

ونذكر – فيما يلى – أهم طرق التطعيم المستخدمة فى الدراسات الفيروسية .

١ – التطعيم بالشق Cleft Grafts .. ويوجد منه نوعان (شكل ٤ – ٣) .



شكل (٤ -٣) : التطعيم بالشق : (أ) القمى ، (ب) الجانبى .

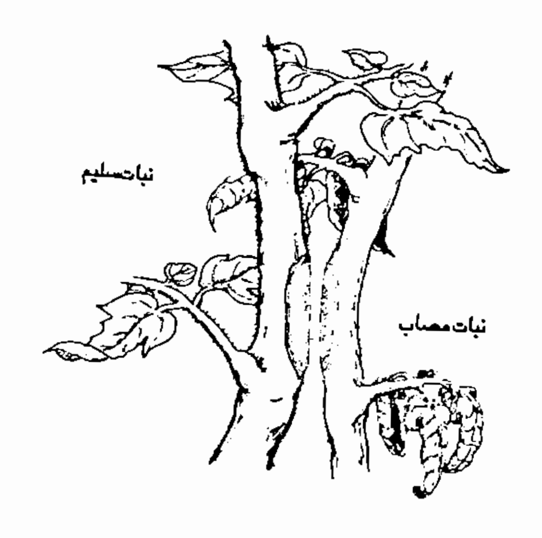
أ - التطعيم بالشق القمى Top Cleft Grafting . يعرف كذلك باسم Clelt Graft-ing. وهذه الطريقة شائعة الاستعمال مع كل من النباتات العشبية والخشبية ، وهى تجرى بقطع قمة النبات المصاب ، ثم عمل شق يمر بمركز الساق لعمق ٢ - ٣ سم . ويلى ذلك قطع قاعدة الطعم (الذى يؤخذ من نبات سليم) على شكل وتد بطول يتناسب مع عمق الشق ، وتثبيته بإحكام فى الشق ، ثم لف منطقة الاتصال بالشريط البلاستيكى . تلاحظ أعراض الإصابة بعد ذلك فى النموات الجديدة التى تظهر على الطعم ، ويفيد قطع قمة النمو فى الطعم - بعد نجاح التطعيم -فى تكوين نموات جانبية جديدة تكون أعراض الإصابة عليها أكثر وضوحا .

ب - التطعيم بالشق الجانبى Side Cleft Grafting .. ويجرى بعمل شق جانبى مائل فى ساق النبات المصاب (الأصل) تثبت فيه بإحكام قطعة من ساق النبات السليم (الطعم) تكون قد جهزت قاعدتها على شكل وتد ، ثم تلف منطقة الاتصال بشريط بلاستيكى .

٢ - التطعيم باللصق Approach Graft :

يجرى التطعيم باللصق بقطع جزأين طوليين متقابلين ومتساويين من ساقى النباتين

المصاب والسليم ، مع مراعاة تساوى الساقين فى السمك ، ووصول القطع فى كل منهما إلى الكامبيوم . يلى ذلك ضم الساقين معا عند منطقة القطع ، و لف منطقة الاتصال بشريط بلاستيكى (شكل ٤ -٤) . ولتشجيع تكوين نموات جانبية حديثة على النبات السليم (حيث يكون ظهور الأعراض عليها أكثر وضوحا) .. تقطع قمته النامية .



شكل (٤ - ٤) : التطعيم باللصق .

الانتقال بواسطة الحامول Dodder Transmission

ينتمى الحامول إلى الجنس <u>Cuscuta</u> ، وهو من النباتات المتطفلة التى تعتمد فى غذائها على غيرها من النباتات ، حيث تلتصق بها ، ثم ترسل بداخلها ممصات -Haustor ia جذرية الشكل . وتوجد عدة أنواع من الجنس <u>Cuscuta</u> تعرف بقدرتها على نقل الفيروسات من النباتات المصابة إلى السليمة ، وأكثرها شيوعا كل من <u>C. campestris</u>، و <u>C. subinclusa</u> .

ولإجراء اختبار نقل فيرس ما .. تنمى نباتات حامول من البذرة لضمان خلوها من الفيرس ، ثم يوضع الحامول مجاورا وملامسا للنبات المصاب بالفيرس ، حيث يلف الحامول ساقه حول ساق وأوراق النبات المصاب بالفيرس ، ويرسل بداخله الممصات التى يعتمد

عليها فى الحصول على غذائه منه . ويعنى ذلك انتقال العصير الخلوى من النبات المصاب بالفيرس إلى الحامول . وعندما يتم التأكد من حدوث الاتصال البيولوجى بين النباتين .. توجه ساق الحامول نحو النبات السليم ، حيث يتصل به بيولوجيا كذلك ، ويتبع ذلك انتقال الفيرس إليه إذا كان من الفيروسات التى تنتقل خلال الحامول .

الانتقال بواسطة الحشرات Insect Transmission

أولاً : الأمور العامة

١ - التجهيزات والأدوات اللازمة :

تحتاج اختبارات الانتقال الحشرى للفيروسات إلى تجهيزات وأدوات معينة لتداول الحشرات ، من أهمها ما يلى :

أ - حجيرات أو أقفاص خاصة Cages :

الـ Cage هو أى حيز محدود ومجهز بطريقة تسمح بالإبقاء على كائنات حية بداخله ، وتستخدم عدة أنواع منها فى دراسات الانتقال الحشرى للفيروسات ، نذكر منها مايلى :

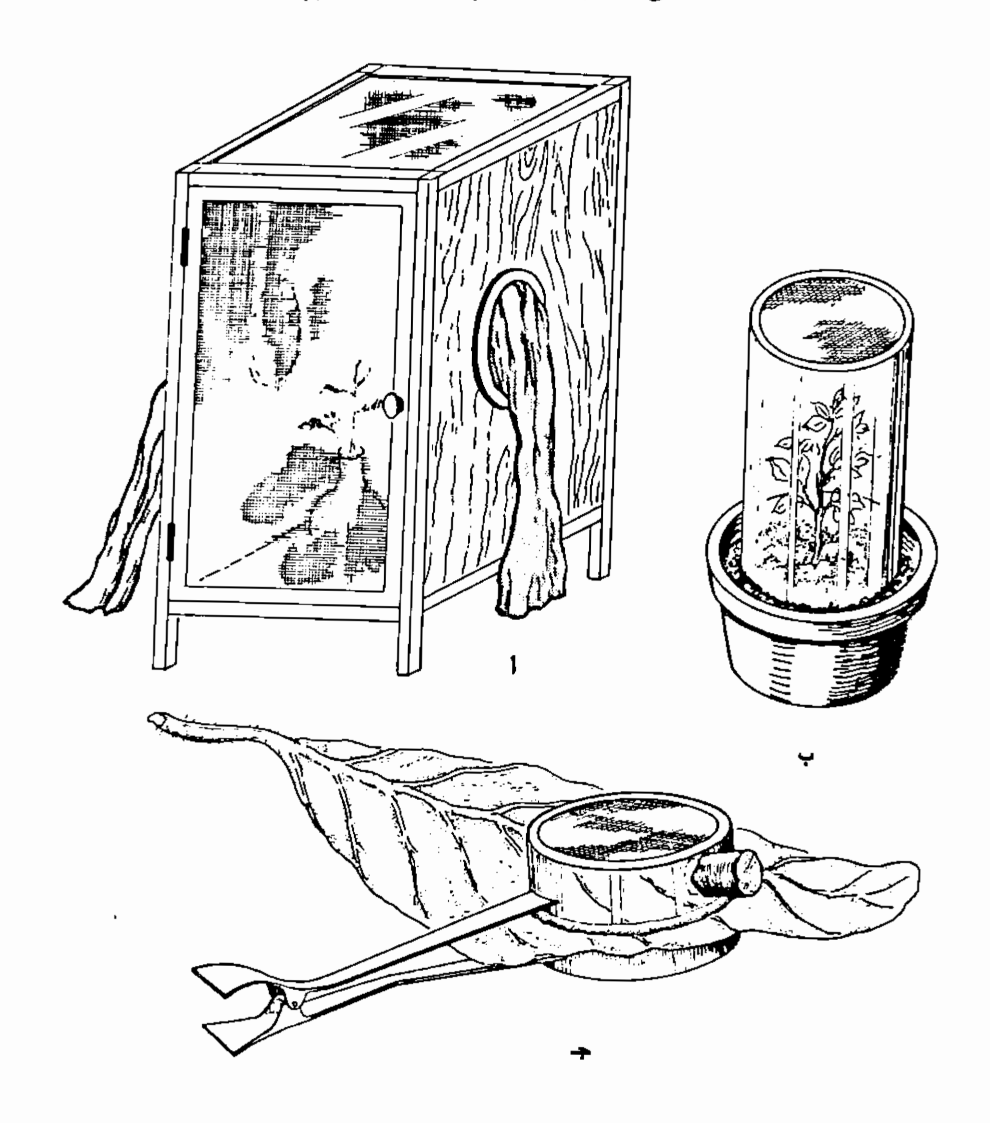
(١) الحجيرات الخشبية Wooden Plant Cages :

تكون أبعاد الحجيرة حوالى ٣٥ × ٣٥ × ٥٠ سم ، وتغطى جوانبها إما بشبكة سلكية دقيقة ، وإما بالقماش الحرير ، مع استعمال غطاء زجاجى لكل من قمة الحجيرة ، وجانبها الذى يتم تداول النباتات والحشرات من خلاله . وبالنسبة للذبابة البيضاء .. تستخدم حجيرات ذات جانبين خشبيين بكل منهما فتحة دائرية بقطر ١٨ سم تسمح بدخول اليد من خلالها . وتمنع الذبابة البيضاء من الهروب من الحجيرة أثناء العمل فيها بتغطية كل من الفتحتين بأنبوبة قماشية سوداء تغلق من طرفها البعيد برباط مطاطى (شكل ٤ - ٥ أ) .

(٢) الحجيرات البلاستيكية الأسطوانية Plastic Cylinder Whole Plant Cage :

تغطى بالشاش قمة أسطوانة بلاستيكية شفافة بقطر ٣٢ سم ، مع تثبيت قاعدتها فى

إصيص ينمو فيه النبات المستخدم فى الدراسة . ويمكن أن توضع داخل الأسطوانة أوراق طازجة تغمر قواعد أعناقها فى أنابيب بها ماء (شكل ٤ - ٥ ب) .



شكل (٤-٥) : أشكال الحجيرات Cages المستخدمة فى اختبارات الانتقال الحشرى للفيروسات :
(أ) حجيرات خشبية ، و (ب) حجيرات بلاستيكية اسطوانية ، و (جـ) حجيرات الأوراق .

(٣) حجيرات الأوراق الأسطوانية البلاستيكية Plastic Cylinder Leaf Cage .

يستخدم هذا النوع من الحجيرات لاختبارات الانتقال الحشرى التى يستعمل فيها عدد محدود من الحشرات . يصنع الـ cage من جزأين من أنابيب بلاستيكية يبلغ قطرها حوالى ٣ سم ، وطولها ٥ ر١ سم . وتغطى الأنبوبة من أحد جانبيها بقماش من النيلون ، وتنقل الحشرات إلى داخلها من خلال فتحة صغيرة تعمل فى جانب الأنبوبة وتُغلّق بسدادة فلينية . يثبت جانبى الحجيرة (الأنبوبتان) حول الأوراق باستعمال مشبك شعر عادى ، مع تثبيت نهايتى المشبك الحرتين فى جزأى الأنبوبة بتسخينهما ، ثم دفعهما فى الجدار البلاستيكى (شكل ٤ – ٥ جـ).

(٤) أوعية بلاستيكية أو زجاجية Plastic or Glass Containers :

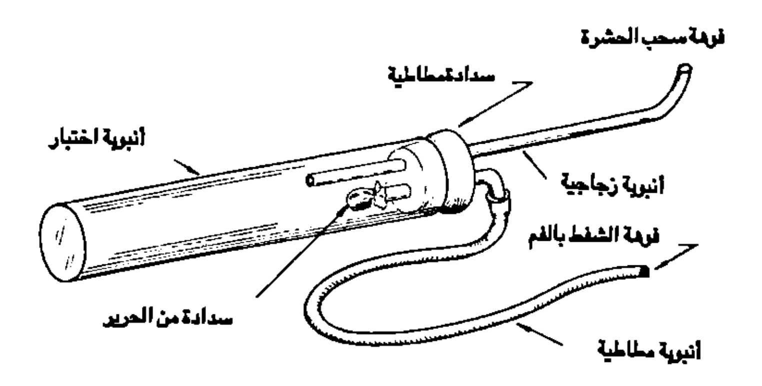
تستخدم هذه الأوعية لنقل الحشرات التى تجمع من الحقل ، ويشترط فيها أن يكون غطاؤها شبكيا ، وأن تكون واسعة بالقدر الذى يسمح بالتهوية .

ب – فرشاة رسم .. وتستخدم خاصة لتداول المن ، ويلزم بلّ طرفها لكى تلتصق بها الحشرة .

جـ – جهاز شفط Aspirator :

يستخدم جهاز الشفط مع الحشرات النشطة الحركة ؛ مثل نطاطات الأوراق ، والذباب الأبيض ، وهو يتكون من أنبوبة اختبار صغيرة مغلقة بسدادة مطاطية ذات فتحتين وتمر من إحداها أنبوبة زجاجية صغيرة مستقيمة يتصل طرفها الخارجى بأنبوبة مطاطية تستعمل للشفط ، بينما يغطى طرفها الداخلى بسدادة من الحرير أو النيلون تسمح بسحب الهواء بحرية ، ولكنها تمنع مرور الحشرات . أما الفتحة الأخرى للسدادة المطاطية فيمر من خلالها أنبوبة زجاجية أطول قليلا ، طرفها الخارجى ملتو قليلا ليسمح بالتقاط الحشرات – عند الشفط – بكفاءة أكبر(شكل ٤ – ٦) .

د – تستخدم شعرات مفردة – تربط فى أعواد خشبية صغيرة (مثل المستخدمة فى تنظيف الأسنان) – فى التقاط الحشرات الصغيرة كالمن والتربس .



شكل (٤-٦) : جهاز سحب الحشرات بالشفط أو بالتفريغ Aspirator .

٢ – جمع الحشرات من الحقل :

يمكن جمع الحشرات من الحقل بعدة طرق كما يلي :

أ – باستخدام شبكة لجمع الحشرات تمرر فوق النموات الخضرية .

ب – بالطرق على النباتات وجمع الحشرات التى تسقط منها على مفرش يوضع أسفل النباتات .

جـ – جمع حشرات مفردة باستخدام فرشاة رسم .

د – جمع عينات نباتية توجد بها الحشرات .

هـ – اصطياد الحشرات .. وتوجد أنواع مختلفة من المصائد كما يلي :

(١) المصائد اللونية ... فيمكن صيد المن والذباب الأبيض في وعاء أصفر اللون مملوء بالماء .

(٢) المصائد الضوئية .. حيث تنجذب معظم الحشرات للأشعة الزرقاء وفوق البنفسجية .

(٣) مصائد الشفط .. حيث تشفط الحشرات بتيار من الهواء .

(٤) المصائد اللاصقة .. حيث تجذب الحشرات إلى أسطح ملونة مغطاة بمادة لاصقة .

٣ – المحافظة على الحشرات و إدامتها :

إن الظروف التى تناسب نمو عائل الحشرة تكون – غالباً مناسبة لنمو وتكاثر الحشرة ذاتها . ولذا .. تستخدم عوائل الحشرة لهذا الفرض ، و قد تستخدم أوراق النباتات فى تغذية الحشرات .

٤ – المحافظة على مزارع حشرات خالية من الفيروسات :

يلزم أولا معرفة ما إذا كانت الحشرات المجموعة من الحقل حاملة للفيرس ، أم غير حاملة له ، ويتم ذلك بوضعها على عوائل دالة (قابلة للإصابة بالفيرس) . وبعد التأكد من خلو الحشرات من الفيرس فإنها تربى على عوائل غير قابلة للإصابة بهذا الفيرس . أما إذا وجد أن الحشرات المجموعة من الحقل حاملة للفيرس .. فإنه يلزم الانتظار حتى تضع هذه الحشرات بيضها على عوائل غير قابلة للإصابة بالفيرس ، علما بأن ذلك لايفيد فى حالات الفيروسات التى تنتقل خلال بيض الحشرات إلى نسلها ، حيث يلزم – فى هذه الحالة – الحصول على حشرات خالية من الفيرس من البداية ، أو تربيتها لأجيال قليلة على عوائل لاتصاب بالفيرس .

٥ – عدوى (حقن) النباتات بالفيرس بواسطة الحشرات :

تنقل أولا حشرات خالية من الفيرس للتغذية على نبات مصاب به ، وتترك عليه لحين اكتسابها الفيرس ، وهى العملية التى تعرف باسم تغذية الاكتساب Acquisition feeding وتتراوح الفترة اللازمة لذلك – حسب الفيرس – من ثوان قليلة إلى ساعات قليلة . ويلى ذلك مباشرة نقل الحشرات التى اكتسبت الفيرس للتغذية على النبات السليم الذى يراد نقل الفيرس إليه ، وهى العملية التى تعرف باسم تغذية الانتقال Transmission Feeding ، و تغذية الحقن Inoculation Feeding . وبينما نجد أن بعض الحشرات يمكنها نقل الفيرس إلى النبات السليم فى الحال (أى بعد اكتسابها الفيرس مباشرة) ، نجد أن بعضها الآخر لا يمكنها نقل الفيرس إلا بعد فترة كمون Latent Period ، تتراوح من ساعات قليلة إلى عدة أسابيع . ويمكن تحديد هذه الفترة بنقل الحشرات الحاملة للفيرس للتغذية على النباتات السليمة على فترات منتظمة بعد اكتسابها للفيرس .

وبينما لايمكن لبعض الحشرات – كالمن الذى يحمل الفيرس على القليم Stylet – أن تحتفظ بقدرتها على نقل الفيرس لأكثر من نصف ساعة .. فإن حشرات أخرى – كمعظم نطاطات الأوراق وبعض أنواع المن التي تحمل الفيرس فى جهازها الهضمى – تحتفظ بقدرتها على نقل الفيرس طوال حياتها .

كذلك يمكن لأنواع المن التي تحمل الفيرس فى جهازها الدورى haemolymph أن تنقل الفيرس طوال حياتها حتى بعد انسلاخها .

وبعد فترة التغذية اللازمة لنقل الفيرس .. يتم – عادة – التخلص من الحشرات بالرش بالمبيدات ، أو بالتبخير ، ثم تلاحظ النباتات المحقونة – لمدة ١ – ٣ أشهر – لحين ظهور الأعراض عليها .

٦ – نباتات وحشرات المقارنة :

للتأكد من أن مجرد تغذية الحشرات على النباتات لاتحدث أعراضا شبيهة بأعراض الإصابة الفيروسية .. يتم نقل حشرات خالية من الفيرس للتغذية على نباتات سليمة ، ثم تلاحظ الأضرار التى تحدثها التغذية . ويجب التأكد من أن الحشرات التى تنقل من الحقل تكون خالية من الفيرس . كذلك يجب الاحتفاظ بنباتات غير معدية بالفيرس فى نفس الصوبة لملاحظة الانتشار غير المتحكم فيه للفيرس ، وللتأكد من أن النباتات المختبرة لم تكن حاملة للفيرس قبل عدواها به .

ثانياً : الانتقال بواسطة المن Aphid Transmission

يعرف أكثر من ١٩٠ نوعا من المن بقدرتها على نقل الفيروسات إلى النباتات ، ومن أهم هذه الأنواع ما يلى :

Myzus sp.	Aphis sp.
Rophalosiphum sp.	Brevicoryne sp.
Toxoptera sp.	Macrosiphum sp.

وتعد الأنواع المختلفة من المن مسئولة عن نقل أكثر من ١٦٠ فيروسا نباتيا ، يحدث معظمها أعراض الموزايك ، إلا أن بعضها يحدث أعراض الاصفرار أيضا .

وجدير بالذكر أن الفيروسات التى ينقلها المن نادرا ما تنقل خلال بيض الحشرة (transovarially) ، ولذا .. فإن حشرات المن الحديثة الفقس تكون – دائما تقريبا خالية من الفيرس .

وتقسم الفيروسات التى ينقلها المن إلى ثلاث مجاميع : غير مثابرة non – persistent (أى لاتمر فى الدورة الدموية للحشرة non- circulative ، وشبه مثابرة semipersistent ، ومثابرة persistent (أو circulative) .

وبينما تقع معظم الفيروسات التى ينقلها المن فى المجموعة الأولى ، نجد أن بعضها لايدخل ضمن أى من هذه المحاميع ، حيث تكتسب الفيرس بعد فترتى اكتساب ؛ أولاهما قصيرة ، والأخرى طويلة ، ولا تكون قادرة على نقل الفيرس بينهما ، ويعرف ذلك باسم bimodal – transmission.

١ – الفيروسات غير المثابرة (أو غير الدائمة) Non – Persistent Viruses :

تعرف هذه المجموعة من الفيروسات أيضا باسم المحمولة على القليم Stylet – borne ، وفيها تكتسب الحشرة الفيرس أثناء تغذيتها بمجرد ملامسة أجزاء فمها لخلايا نباتية مصابة . يحمل الفيرس على قليم الحشرة ، ولا يصل عادة إلى جهازها الهضمى ، وتحتفظ به الحشرة لمدة تقل عن ساعة .

يكون اكتساب الحشرة للفيرس خلال فترة تتراوح من ثوان قليلة إلى دقائق معدودة ، وتؤدى إطالة فترة الاكتساب إلى أيام قليلة إلى إضعاف فاعلية الحشرة فى نقل الفيرس إلى النباتات السليمة بعد ذلك . ولاتوجد فى هذه المجموعة الفيروسية فترة كمون ؛ حيث يمكن للحشرة نقل الفيرس إلى النبات السليم بمجرد تغذيتها عليه ، ويتم ذلك خلال فترة تغذية تتراوح من ثوان قليلة إلى دقائق قليلة . وجدير بالذكر أن تصويم الحشرات عن التغذية قبل تغذية الاكتساب يجعلها أكثر قدرة على نقل الفيرس للنباتات السليمة .

وتتميز الفيروسات غير المثابرة بأنها تنقل كذلك بواسطة العصير الخلوى ، وبأن لها مدى واسعا من العوائل ، ومن أمثلة هذه الفيروسات ما يلى :

فيرس موزايك الفاصوليا العادى Bean common mosaic virus .
فيرس موزايك الفاصوليا الأصفر Bean yellow mosaic virus .
فيرس موزايك اللوبيا الذى ينتقل بالمن Cowpea aphid borne mosaic virus .
فيرس موزايك الخيار Cucumber mosaic virus .
فيرس موزايك الخس Lettuce mosaic virus .
فيرس تقزم البصل الأصفر Onion yellow dwarf virus .
فيرس تبقع البابايا الحلقى Papaya ringspot virus .
فيرس تبرقش الفول السودانى Peanut mottle virus .
فيرس تبرقش الفلفل Pepper mottle virus .
فيرس Y البطاطس Potato virus Y .
فيرس موزايك فول الصويا Soybean mosaic virus .
فيرس موزايك القصب Sugarcane mosaic virus .
فيرس تبرقش اللفت Tobacco etch virus .
فيرس تبرقش البطيخ Turnip mosaic virus.
Watermelon mosaicvirus .

٢- الفيروسات شبه المثابره Semipersistent Viruses :

تصل هذه الفيروسات إلى القناة الهضمية للحشرة ، وتكون فترة التغذية التى تلزم الحشرة لاكتساب الفيرس أطول قليلا مما فى مجموعة الفيروسات غير المثابرة ، حيث تتراوح من عدة دقائق إلى ساعة واحدة أو ساعتين ، غير أن قدرة الحشرة على نقل الفيرس تتحسن بزيادة فترة تغذية الإكتساب .

وكما فى الفيروسات غير المثابرة .. فإن هذه الفيروسات لاتمر - هى الأخرى - بفترة كمون فى الحشرات الناقلة لها ، حيث يمكنها نقل الفيرس للنباتات السليمة بمجرد اكتسابها له . وعلى خلاف الفيروسات غير المثابرة .. فإن الفترة التى تلزم الحشرة لنقل الفيرس Inoculation Feeding فى هذه المجموعة تكون أطول ؛ حيث تتراوح من عدة دقائق إلى عدة ساعات ، كما أن الحشرات تحتفظ بالفيرس لفترة أطول ؛ حيث تتراوح من ١٢ - ٢٤ ساعة ، وتصل - أحيانا - إلى عدة أيام . ولاتنتقل هذه الفيروسات عن طريق العصير الخلوى (ميكانيكا) إلا بصعوبة بالغة .

ومن أمثلة الفيروسات شبه المثابرة ما يلى :

فيرس اصفرار البنجر Beet Yellows Virus .

فيرس ترستيزا الحمضيات Citrus Tristeza Virus .

فيرس اصفرار البرسيم Clover Yellows Virus .

٢ - الفيروسات المثابرة (الدائمة) Persistent Viruses .

تعرف هذه المجموعة من الفيروسات أيضا باسم Circulative Viruses ؛ نظرا لأنها تصل إلى الجهاز الدورى ، كما توجد فى الجهاز الهضمى للحشرة ، وفى غددها اللعابية .

تتراوح فترة تغذية الاكتساب فى هذه المجموعة من ٣٠ دقيقة إلى عدة ساعات ، وتلزم لها فترة كمون قبل أن تصبح الحشرة - التى اكتسبت الفيرس - قادرة على نقله إلى نبات سليم .

وتتوقف كفاءة الحشرة على نقل الفيرس على أعداد الفيرس التى اكتسبتها أثناء تغذيتها على النبات المصاب ، ولكنها - أى الحشرة الحاملة للفيرس - لا يمكنها نقل الفيرس إلى النبات السليم إلا بعد ساعات قليلة من التغذية عليه ، وليس لتصويم الحشرات عن الغذاء - فى هذه المجموعة - أى تأثير فى نقلها للفيرس .

هذا .. وتحتفظ الحشرات الناقلة للفيروسات المثابرة بالفيرس فى أجسامها طوال حياتها بما فى ذلك مراحل انسلاخها . ويمكن لهذه الفيروسات - غالبا - التكاثر فى الحشرات الناقلة لها ، ولكن توجد شواذ لهذه القاعدة ؛ مثل فيرس تقزم الشعير الأصفر(Barley Yellow Dwarf Virus) .

تتميز الفيروسات المثابرة بمحدودية عوائلها ، وقد تكون متخصصة للغاية على عائل أو عوائل قليلة جدا . وتتميز كذلك بأنها لاتنتقل عن طريق العصير الخلوى (ميكانيكا) ، ولكن توجد شواذ لهذه القاعدة مثل فيرس Pea Enation Mosaic .

ومن أمثلة الفيروسات المثابرة مايلى :

فيرس اصفرار الشعير المتقزم Barley Yellow Dwarf Virus .

فيرس تبرقش الجزر Carrot Mottle Virus .

فيرس اصفرار الخس المتحلل Lettuce Necrotic Yellow Virus .

فيرس موزايك الذرة Maize Mosaic Virus .

فيرس Pea Enation Mosaic .

فيرس التفاف أوراق البطاطس Potato Leafroll Virus .

فيرس اصفرار وتقزم البطاطس Potato Yellow Dwarf Virus .

٤ – الفيروسات الثنائية الانتقال Bimodally Transmitted Viruses :

تنتقل فيروسات هذه المجموعة بعد فترتى تغذية اكتساب ؛ الأولى منهما قصيرة ، والثانية طويلة ، ولكنها لاتكتسب بسهولة بين هاتين المرحلتين ، ومن أمثلة هذه الفيروسات مايلى :

فيرس ذبول الفول الرومى Broadbean Wilt Virus .

فيرس موزايك القنبيط Cauliflower Mosaic Virus .

فيرس موزايك الداليا Dahlia Mosaic Virus .

فيرس موزايك الفول السودانى Groundnut Mosaic Virus .

فيرس موزايك البسلة الذى ينتقل بالبذور Pea Seedborne Mosaic Virus .

فيرس تخطيط البسلة Pea Streak Virus .

فيرس A البطاطا Sweepotato Virus A .

ثالثاً : الانتقال بواسطة الذبابة البيضاء Whitefly Transmission

من أهم أعراض الإصابة بالفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء : الاصفرار ، وتجعد الأوراق ، و بعض الموزايك ، وتوجد هذه الفيروسات – غالبا – فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية .

تتميز هذه الفيروسات بأنها مثابرة غالبا ، إلا أن لهذه القاعدة شواذ ؛ مثل : فيرس اصفرار عروق الخيار Cucumber Vein Yellowing Virus . وتصل الفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء إلى الدورة الدموية للحشرة . وتتراوح فترة تغذية الاكتساب اللازمة فى معظم هذه الفيروسات من ٢٤ – ٤٨ ساعة ، ويمر الفيرس بفترة كمون فى جسم الحشرة

تتراوح من ٤ – ٢٠ ساعة ، وبعدها تصبح الحشرة قادرة على نقل الفيرس ، وتحتفظ بتلك الخاصية لفترة تتراوح من أيام قليلة إلى ٣٥ يوما .

هذا .. ويمكن ليرقات الذبابة البيضاء اكتساب الفيرس ، ويظل الفيرس فى جسم الحشرة خلال جميع مراحل تطورها إلى أن تصبح حشرة كاملة ، حيث تكون قادرة على نقل الفيرس إلى النباتات السليمة بمجرد بدء نشاطها فى التغذية . ولكن لاتوجد أدلة على انتقال الفيرس إلى نسل الحشرات الحاملة له من خلال بيضها .

تتغذى حشرة الذبابة البيضاء على نسيج اللحاء ، وتفضل التغذية على الأنسجة الحديثة، وعلى السطح السفلى للأوراق . وتحمل بواسطة الرياح ، ولذا .. فإنها يمكن أن تساعد على نشر الفيرس لمسافات بعيدة .

وبصورة عامة .. فإن الفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء لاتنتقل ميكانيا ، ولكن لهذه القاعدة شواذ ؛ مثل : فيرس موزايك الفاصوليا الذهبى Bean Golden Mosaic Virus، وفيرس موزايك الطماطم الأصفر الذهبى Tomato Golden Yellow Mosaic Virus.

ومن أمثلة الفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء (أنواع مختلفة من الذباب الأبيض) ما يأتى :

فيرس تغضن الفاصوليا Bean Crumpling Virus .

فيرس موزايك الفاصوليا الذهبى Bean Golden Mosaic Virus .

فيرس موازيك اليقطين Bottle Gourd Mosaic Virus .

فيرس موازيك الكاسافا Cassava Mosaic Virus .

فيرس تجعد أوراق الفلفل الحار Chili Leafcurl Virus .

فيرس تجعد أوراق القطن Cotton Leafcurl Virus .

فيرس اصفرار عروق الخيار Cucmber Vein Yellowing Virus .

فيرس موازيك فاصوليا المنج الأصفر Mungbean Yellow Mosaic Virus .

فيرس بى البطاطا Sweet Potato Virus B .

فيرس تبرقش البطاطا المعتدل Sweet Potato Mild Mottle Virus .

فيرس تقزم البطاطا Sweet Potato Stunt Virus .

فيرس شفافية عروق البطاطا Sweet PotatoVein Clearing Virus .

فيرس تجعد أوراق التبغ Tobacco Leafcurl Virus .

فيرس موزايك الطماطم الذهبى Tomato Golden Mosaic Virus .

فيرس تجعد أوراق الطماطم الأصفر Tomato Yellow Leafcurl Virus .

فيرس موزايك الطماطم الأصفر Tomat Yellow Mosaic Virus .

فيرس تقزم الطماطم الأصفر Tomato Yellow Dwavf Virus .

رابعاً : الانتقال بواسطة نطاطات الأوراق Leafhoppers ونطاطات النباتات Planthoppers

تنتقل بعض الفيروسات النباتية بعدد كبير من نطاطات الأوراق ونطاطات النباتات ، من أهمها ما يلى :

Empoasca sp.
Eutettix sp.
Javesella sp.
Macrosteles sp .
Nephotettix sp .
Agallia sp .
Austroagallia sp .
Cicadulina sp .
Circulifer sp .
Dalbulus sp .

وتتخصص النطاطات فى نقل الفيروسات التى تتواجد فى نسيج اللحاء ، وهو النسيج الذى تحصل منه على غذائها . وتعد هذه المجموعة من الفيروسات المثابرة (الدائمة) ، وتتراوح فترة تغذية الاكتساب للنطاطات الناقلة لها من ٣٠ دقيقة إلى عدة ساعات . ولايمكن للحشرات التى اكتسبت الفيرس أن تنقله للنباتات السليمة إلا بعد مرور فترة كمون ، ثم التغذية على النبات السليم لعدة ساعات .

تصل فيروسات هذه المجموعة للجهازين الهضمى والدورى للنطاطات ، وتبقى فيها طوال حياتها . وتتكاثر هذه الفيروسات فى جسم الحشرة ، ولكن توجد استثناءات لهذه القاعدة ، كما فى فيرس تجعد قمة البنجر Beet Curly Top Virus . وتنتقل بعض هذه الفيروسات عن طريق بيض الحشرة .

وتتميز فيروسات هذه المجموعة بأنها متخصصة إلى حد كبير فيما يتعلق بنوع النطاطات

الذى ينقلها ، وأن لكل فيرس منها مدى محدودا من العوائل . وتحدث هذه الفيروسات غالبا أعراض الاصفرار ، أو أعراض الـ Wtche's broom فى النباتات التى تصيبها ، وهى لاتنتقل بواسطة العصير الخلوى باستثناء فيرس تقزم البطاطس الأصفر Potato Yellow Dwarf Virus . ومن الفيروسات التى تنقلها نطاطات الأوراق ما يلى :

فيرس تجعد أوراق البنجر Beet Curly Top Virus .

فيرس تخطيط الذرة Maize Streak Virus .

فيرس تقزم البطاطس الأصفر Potato Yellow Dwarf Virus .

فيرس تقزم الأرز Rice Dwarf Virus .

فيرس تورد فول الصويا Soybean Rosette Virus .

ومن الفيروسات التى تنقلها نطاطات النباتات مايلى :

فيرس موزايك الذرة Maize Mosaic Virus .

فيرس تقزم الذرة الخشن Maize Rough Dwarf Virus .

خامساً : الانتقال بواسطة الخنافس Beetle Transmission

من أهم أنواع الخنافس الناقلة للفيروسات ما يلى :

الخنافس البرغوثية Phyllotreta spp. .

خنافس المسترد Phaedon spp. .

خنافس الخيار Acalymma sp. ، و Diabrotica sp.

تبلغ فترة تغذية الاكتساب فى هذه المجموعة من الفيروسات نحو خمس دقائق فقط ، تحتفظ بعدها الحشرة بقدرتها على نقل الفيرس لمدة يوم واحد على الأقل ، ولكن الفترة تزيد غالبا على ذلك . يحمل الفيرس عادة فى الجهاز الدورى للحشرة .

تتميز هذه المجموعة من الفيروسات بثباتها ، وبإمكان انتقالها ميكانيكيا بسهولة ، كما يمكن إحداث الإصابة بواسطة السوائل التى يحصل عليها بعد سحق الحشرات الحاملة للفيرس . ومن أمثلة هذه الفيروسات ما يلى :

فيرس تبرقش قرون الفاصوليا Bean Pod Mottle Virus .

فيرس تبرقش الفول الرومى Broad Bean Mottle Virus .

فيرس صبغ الفول الرومى Broad Bean Stain Virus .

فيرس موزايك اللوبيا Cowpea Mosaic Virus .

فيرس موزايك الباذنجان Eggplant Mosaic Virus .

فيرس موزايك البامية Okra Mosaic Virus .

فيرس موزايك الفجل Radish Mosaic Virus .

فيرس تبرقش الأرز الأصفر Rice Yellow Mottle Virus .

فيرس موازيك الفاطوليا الجنوبى Southern Bean Mosaic Virus .

فيرس موزايك الكوسة Squash Mosaic Virus .

فيرس موزايك اللفت الأصفر Turnip Yellow Mosaic .

خامساً:الانتقال بواسطة الخنفاء المُغْبَرَّة Mealy-bug Transmission

إن من أهم الخنافس المغبرة التى تنقل الفيروسات ما يلى :

Planococcus sp.

Pseudococcus sp .

Dysmicoccus sp .

تُخْدَم الخنافس المغبرة غالبا بواسطة النمل ؛ فإذا ما كوفح النمل .. فإن الخنفساء تكافح تلقائيا وتتغذى هذه الخنافس بامتصاص العصارة النباتية من نسيج اللحاء مباشرة .

تعتبر الفيروسات التى تنقلها هذه الخنافس شبه مثابرة ، وقد تحمل على قليم الحشرة . وتزيد قدرة الحشرة على نقل الفيرس بزيادة فترة تغذية الاكتساب إلى ٢٤ ساعة ، ولكن الحد الأدنى لفترة تغذية العدوى (الحقن) Inoculation Feeding هو ١٥ دقيقة . هذا .. وليس لتصويم الحشرة عن الغذاء أى تأثير على كفاءتها فى اكتساب الفيرس أو نقله ، كما لاتوجد فترة كمون . ويمكن للفيروسات التى تنقلها هذه الخنافس أن تنتقل ميكانيكيا كذلك .

ومن أهم الأمثلة على الفيروسات التى تنقلها الخنافس المغبرة ما يلى :

فيرس الأناناس الكامن Pineapple Latent Virus .

فـيـرس تـورم نموات الكاكـاو Cacao Swollen Shoot Vieus ، وهـو لا ينتـــقل إلا بواسطة إناث الحشرة .

سادساً : الانتقال بواسطة حشرة الـ Psyllid

إن أهم الـ Psyllids التى تنقل الفيروسات النباتية تنتمى إلى الأجناس التالية :

<u>Trioza</u> sp.

<u>Diaphorina</u> sp.

<u>Psylla</u> sp.

يحمل الفيرس فى الجهاز الدورى للحشرة ، ومن الفيروسات التى تنتقل بها مايلى :

فيرس تبرقش ورقة البسلة الأحمر Pea Red Leaf Mottle Virus .

فيرس تجعد أوراق الكمثرى Pear Leafcurl Virus .

سابعاً:الفيروسات التى ينقلها التربس Thrips Transmission

إن أهم أنواع التربس التى تنقل الفيروسات تنتمى إلى الجنسين الآتيين :

<u>Thrips</u> sp.

<u>Prankliniella</u> sp.

ينقل التربس فيرس ذبول الطماطم المتبقع Tomato Spotted Witt Virus حيث لايكتسب الفيرس إلا بواسطة اليرقة ، ولا ينتقل للنباتات السليمة إلاّ بواسطة الحشرة الكاملة ، وهو من الفيروسات المثابرة persistent غير الثابتة unstable ، وينتقل أيضاً ميكانيكياً . وللفيرس مدى واسع من العوائل يشمل مالا يقل عن ١٦٦ نوعاً نباتياً موزعة على ٣٦ عائلة من ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين (عن Green ١٩٨٤) .

الانتقال بواسطة الاكاروسات Mite Transmission

إن أهم الأكاروسات التى تنقل الفيروسات النباتية تنتمى إلى الأجناس الآتية :

<u>Aceria</u> sp.

<u>Brevipalpus</u> sp.

Eryophyes sp.

يحمل الفيرس فى القناة الهضمية للأكاروس ، ويبقى معه بعد الانسلاخ ، ولكنه لا ينتقل إلى النسل من خلال البيض .

تزيد كفاءة الأكاروس فى نقل الفيرس بزيادة فترة تغذية الاكتساب . ومن أهم الفيروسات التى ينقلها الأكاروس مايلى :

فيرس تبقع البن الحلقى Cofee Ringspot Virus .

فيرس موزايك التين Fig Mosaic Virus .

فيرس موزايك الخوخ Peach Mosaic Virus .

فيرس موزايك وتخطيط القمح Wheat Streak Mosaic Virus .

الانتقال بواسطة النيماتودا Nematode Transmisson

إن أجناس النيماتودا التى تعرف بقدرتها على نقل الفيروسات إلى النباتات هى :

Trichodorus sp.

Xiphinema sp.

Longidorus sp.

تنتقل الفيروسات التى تنقلها النيماتودا كذلك ميكانيكياً ، وهى متخصصة على عوائل معينة . ويفقد الفيرس أثناء انسلاخ النيماتودا . وتحتفظ النيماتودا بالفيرس لمدة تتراوح من أسبوعين كما فى Trichodorus sp. ، و Longidorus sp. إلى ثمانية أشهر كما فى Xiphinema sp. .

تزيد كفاءة النيماتودا فى نقل الفيرس بزيادة فترة تغذية الاكتساب إلى ٤٨ ساعة . ومن أهم الفيروسات التى تنقلها النيماتودا مايلى :

١ – ينقل الجنس Trichodous sp. ما يلى :

فيرس تلون البسلة البنى المبكر Pea Early Browning Virus .

فيرس خشخشة التبغ Tobacco Rattle Virus.

٢ – ينقل لجنس . Longidorus sp ما يلى :

فيرس حلقة الطماطم السوداء Tomato Black Ring Virus .

فيرس تبقع الراسبرى الحلقى Raspberry Ringspot Virus

٣ – ينقل الجنس .Xiphinema spp مايلى :

فيرس التفاف أوراق الكرز Cherry Leaf Roll Virus .

فيرس ورقة العنب المروحية Grape Fanleaf Virus .

فيرس موزايك وتورد الخوخ Peach Rosette Mosaic Virus .

فيرس تبقع الشليك الحلقى الكامن Strawberry Latent Ringspot Virus .

فيرس تبقع الطماطم الحلقى Tomato Ringspot Virus .

فيرس تبقع التبغ الحلقى Tobacco Ringspot Virus .

الانتقال بوسائل أخرى

تنتقل بعض الفيروسات بوسائل أخرى نذكرها – هنا – باختصار ، نظرا لمحدودية فائدتها بالنسبة لعملية تقييم المقاومة للأمراض . ومن هذه الوسائل ما يلى :

١ – الانتقال بواسطة البذور :

تنتقل بعض الفيروسات بالبذور ، مثل : موزايك الفاصوليا العادى ، و موزايك الخس وبرغم أن نسبة الانتقال بالبذور تكون عادة منخفضة ، إلا أن النباتات الناتجة من زراعة بذور مصابة تكفى عادة لنشر الفيرس فى الحقل بوسائل الانتقال الأخرى .

٢ – الانتقال بأعضاء التكاثر الخضرية :

تنتقل جميع الفيروسات بطرق التكاثر الخضرى المختلفة ، مثل : الدرنات ، والفسائل ، والجذور ، و الأبصال ... إلخ .

٣ – الانتقال بواسطة حبوب اللقاح :

يقتصر الانتقال بواسطة حبوب اللقاح على عدد محدود جدا من الفيروسات .

هذا .. ويعطى جدول (٤–١) مقارنة بين بعض الفيروسات التى يتخصص فى نقلها كائنات Vectors مختلفة من حيث خصائص عملية الانتقال ذاتها .

جدول (٤ -١) : خصائص انتقال بعض الفيروسات النباتية (عن Gibbs & Harrison ١٩٧٦).

الفيروس	الناقل vector	أقل فترة تلزم لاكتساب الفيروس	فترة الكمون (الحد الأدنى)	فترة تغذية الحقن (الحد الأدنى)	الحد الأقصى لاحتفاظ الحشرة بالفيروس	تكاثر الفيروس فى الحشرة
Y البطاطس	Myzus persicae	١٠ ثوان	لا توجد	١٥ ثانية	ساعتان	لايحدث
اصفرار البنجر	M. Persicae	٥ دقائق	لا توجد	٥ دقائق	٣ أيام	لايحدث
اصفرار عروق التفاف Sowthistle	Hyperomyzus lactucae	ساعتان	٨ أيام	أقل من ساعة	أسابيع	لايحدث
تورم نموات الكاكاو	Planococcides Njalensis	ساعة	—	١٥ دقيقة	٤ أيام	غير محتمل
تجعد أوراق الطماطم الأصفر	Bemisia tabaci	٣٠ دقيقة	٢١ ساعة	٣٠ دقيقة	٢٠ يوماً	—
اصفرار عروق الخيار	B. tabaci	٢٠ دقيقة	لا توجد	١٠ دقائق	٦ ساعات	لايحدث
تنجرو الأرز	Nephotettix impicticeps	٣٠ دقيقة	لا توجد	١٥ دقيقة	٦ أيام	غير محتمل
تجعد قمة البنجر	Circulifer tenellus	دقيقة	٤ ساعات	دقيقة	أسابيع	غير محتمل
سرطان الجروح Wound Tumor	Agallia constricta	أقل من ساعة	١٢ يوماً	أقل من ساعة	أسابيع	يحدث
موزايك الكوسة	Acalymma trivittata	٥ دقائق	أقل من ١٠ ساعات	دقائق قليلة	أسابيع	—
ذبول الطماطم المتبقع	Thrips tabaci	٣٠ دقيقة	٥ أيام	٥ دقائق	أسابيع	محتمل
موزايك القمح المخطط	Aceria tulipae	١٥ دقيقة	—	١٥ دقيقة	٩ أيام	—
ورقة العنب المروحية	Xiphinema index	١٥ دقيقة	—	١٥ دقيقة	أسابيع	لايحدث
تحلل التبغ	Olpidium brassicae	دقيقتان	لا توجد	ساعتان	—	غير محتمل
موزايك القمح	Polymyxa graminis	أيام قليلة	—	٤ ساعات	عدة أيام	محتمل

ولمزيد من التفاصيل عن وسائل انتقال الفيروسات النباتية .. يراجع ما يلى :

المرجع	وسيلة الانتقال
١٩٦٧ Yarwood & Fulton	ميكانيكيا
١٩٦٧ Swenson	بالحشرات
١٩٧٦ Costa	بالذبابة البيضاء
١٩٦٧ Raski & Hewitt	بالنيماتودا
١٩٧٢ Taylor	بالنيماتودا
١٩٧٢ ، ١٩٦٧ Slykhuis	بالأكاروس
١٩٧٢ ،١٩٦٧ Teakle	بالفطريات
١٩٦٧ Bennett	بالحامول
١٩٦٧ Bos	بالتطعيم
١٩٧٢ Whitcomb	بالـ Auchenorrhynchous Homoptera
١٩٧٢ Shepherd	بالبذور وحبوب اللقاح
١٩٧٢ Watson	بالمن

طرق تقدير شدة الإصابة أو المقاومة فى اختبارات التقييم

يجب عند اختيار الطريقة المثلى لتقدير شدة الإصابة أو المقاومة للأمراض أن يكون الباحث ملماً بأعراض المرض من كافة جوانبه ، ومدى تأثير الإصابة فى النمو النباتى ، ليتسنى وضع الأسس السليمة لتقدير المرض . فمثلا .. وجد Madamba وآخرون (١٩٦٥) أن إصابة العوائل غير المناسبة Uusuitable Hosts بنيماتودا تعقد الجذور يتبعه نقص فى قوة النمو ، إلا أنه قد تحدث زيادة فى قوة النمو فى أحيان أخرى .

ويحدث النقص فى قوة النمو عند استعمال تركيز عال من اللقاح Inoculum ، بينما تحدث الزيادة فى قوة النمو عند استعمال تركيز منخفض ، أو متوسط منه ، ويتوقف ذلك على المحصول المُعْدِى . وقد تبين أن النباتات التى تزيد فيها قوة النمو يتكون فيها عدد كبير من الجذور الجانبية ، ومرد ذلك إلى أنه – فى حالة التركيز المنخفض للعدوى – تصيب يرقات النيماتودا الجذور الأولى للنبات ؛ الأمر الذى يؤدى إلى تكوين جذور جديدة كثيرة ، فتزداد قدرة النباتات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية ، وتزيد قوة نموها تبعا لذلك .

أما عندما يكون تركيز النفاح مرتفعا .. فإن جميع الجذور الأولى والتالية فى التكوين تصاب بيرقات النيماتودا ؛ وبذا .. يستنفذ النبات مخزونه من المواد الغذائية فى تكوين الجذور الجديدة ، مما يؤدى إلى نقص قوة نموه . ونقدم فيما يلى عرضا لأهم الطرق المستخدمة فى تقدير شدة الإصابة ، أو المقاومة للأمراض :

١ - حساب نسبة أو عدد النباتات المصابة :

يكون من السهل حساب نسبة أو عدد النباتات المصابة حينما يمكن تقسيم النباتات إلى مصابة وسليمة فقط ، مثلما يحدث عندما يموت النبات كله ، أو عندما تكون إصابة النباتات بنفس الدرجة .

٢ - حساب شدة الإصابة على مقياس للمرض Disease Scale :

تقدر شدة الإصابة فى هذه الحالة بحصر عدد النباتات أو الأعضاء النباتية التى تقع فى أقسام معينة لمقياس لشدة الإصابة يتم اختياره بعناية ، ثم يحصل على رقم واحد لشدة الإصابة بالمعادلة التالية :

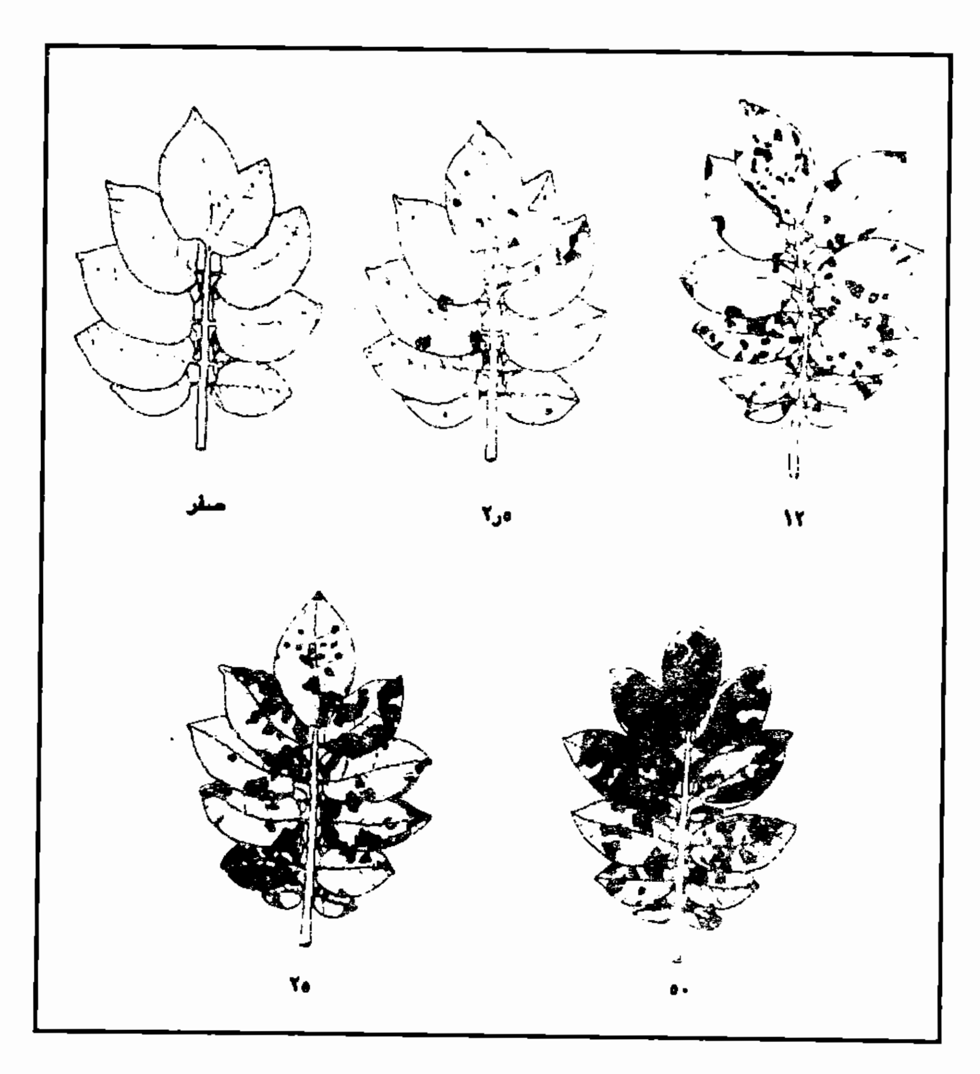
$$\text{شدة الإصابة} = \frac{\text{مجموع (عدد النباتات فى كل قسم من مقياس المرض مضروبا فى رقم القسم)}}{\text{المجموع الكلى للنباتات المختبرة}}$$

ومن أمثلة المقاييس المرضية التى تستخدم فى هذا المجال ما يلى :

أ - اعتماد المقياس على توزيعات متساوية لنسبة الأعضاء أو الأنسجة النباتية المصابة مثل صفر - ١٠ ٪ ، و ١ر١٠ - ٢٠ ٪ ... وهكذا إلى ١ر٩٠ - ١٠٠ ٪ ، أو صفر - ٢٥ ٪ ، و ١ر٢٥ - ٥٠ ٪ ، و ١ر٥٠ - ٧٥ ٪ ، و ١ر٧٥ - ١٠٠ ٪ ... إلخ من التوزيعات المتساوية ، ثم يختصر ذلك كله فى صورة أرقام عددية تمثل شدة الإصابة ، فيكون المقياسان السابقان - مثلا - من ١ إلى ١٠ ، ومن ١ إلى ٤ على التوالى .

ب - أوضح Horsfall أهمية تصميم مقياس للمرض يعتمد على قدرة الإنسان على التفرقة بين الاختلافات ؛ كأن تكون شدة الإصابة - كنسبة مئوية كمايلى : صفر - ٣ ، و ٣ - ٦ ، و ٦ - ١٢ ، و ١٢ - ٢٥ ، و ٢٥ - ٥٠ ، و ٥٠ - ٧٥ ، و ٧٥ - ٨٧ ، و ٨٧ - ٩٤ ، و ٩٤ - ٩٧ ، و ٩٧ - ١٠٠ ٪ ، ثم توزيع هذه الدرجات على مقياس من ١ إلى ١٠ . ويعتمد على نسبة الجزء المصاب حتى ٥٠٪ اصابة ، ثم على نسبة الجزء السليم بعد ذلك (شكل ٤-٧) .

جـ – استعمال مقاييس وصفية Descriptive Scales لشدة الإصابة مثل : قليلة ، ومتوسطة ، وشديدة (شكل ٤–٨) أو أية درجات أخرى (شكل (٤–٩) ، وتحذف أحيانا الكلمة التى تصف شدة الإصابة ، ويوضع مكانها رقم أو رمز . ويراعى عند استعمال المقاييس الوصفية مايلى :



شكل (٤–٧) : مقياس لشدة الإصابة بمرض الندوة المبكرة فى البطاطس يعتمد على قدرة العين على التفرقة بين الاختلافات (عن Reifschneider وآخرين ١٩٨٤) .

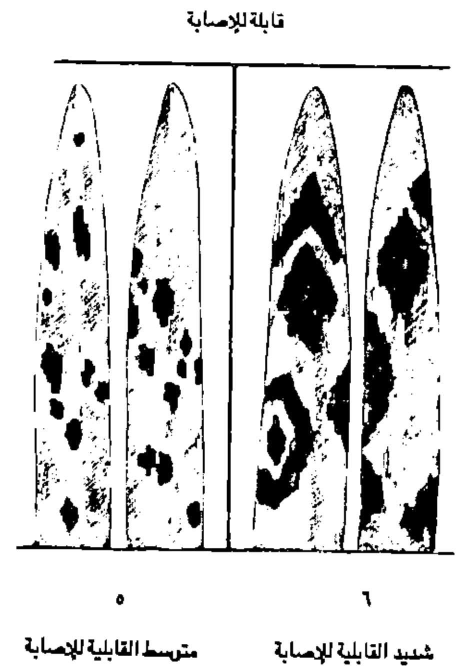


شكل (٤-٨) : مقياس وصفى من ثلاث درجات لشدة الإصابة بمرض البياض الزغبى فى البروكلى (عن Laemmlen & Mayberry ١٩٨٤) .

٠ ١ ٢ ٣ ٤

منيع تماماً — منيع عملياً — شديد المقاومة — متوسط المقاومة

قابلة للإصابة



شكل (٤-٩) : مقياس وصفى من ست درجات تمثل مستويات المقاومة للفطر <u>Puccinia</u> <u>graminis</u> f . sp. <u>tritici</u> فى القمح

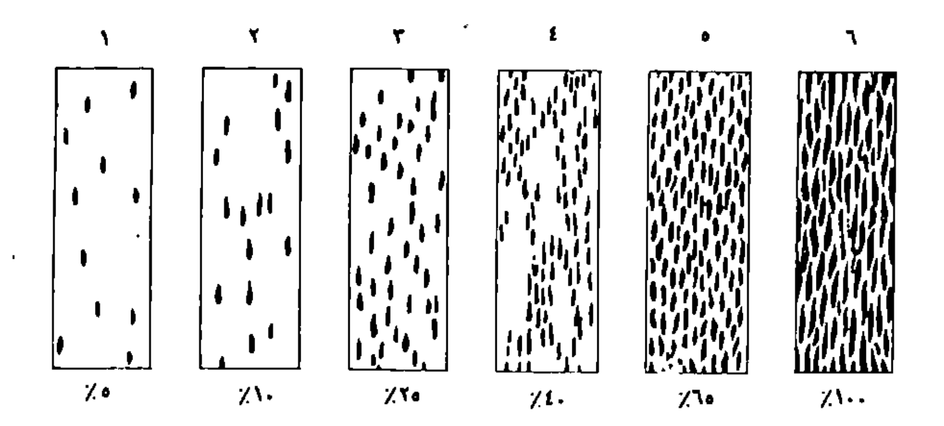
(١) أن يرافقها صورة فوتوغرافية (شكل ٤–١٠) أو أشكال تخطيطية (شكل ٤–١١)، توضح مختلف الدرجات الإصابة .

(٢) أن يمثل أكبر رقم فى المقياس أعلى درجات المقاومة ؛ لأن المربى يعمل غالبا على تحسين عدة صفات فى وقت واحد ، الأمر الذى يتطلب توحيد المقاييس المستخدمة ؛ لتكون الأرقام الأعلى دالة على الصفات الأحسن لتسهيل عملية الانتخاب .

(٣) يفضل استعمال مقياس من ١–٩ بدلا من ١–٣ ، أو ١–٥ (اللذين ربما لايتوفر بهما درجات تمثل كل حالات شدة الإصابة) ، أو ١–١٠ (الذى لا يوجد به درجة وسطية لتمثيل الدرجة المتوسطة من الإصابة) ، أو صفر –١٠ (لأن الصفر غير مفضل فى التحليلات الإحصائية) .



شكل (٤–١٠) : مقياس وصفى لمستويات المقاومة والقابلية للإصابة بفطر <u>Fusarium</u> <u>solani</u> f. <u>phaseali</u> فى الفاصوليا (Hassan ١٩٧٠) .



(شكل ٤-١١) : مقياس وصفى يمثل شدة الإصابة بالصدأ فى النجيليات تحت ظروف الحقل .

ويستفاد من مقاييس شدة الإصابة الوصفية فى تقييم أعداد كبيرة من النباتات خلال فترة وجيزة ، وخاصة بعد أن تستقر مختلف درجات شدة الإصابة فى ذهن القائم بعملية التقييم . ويمكن إسراع عملية تقييم الأعداد الكبيرة من النباتات تحت ظروف الحقل ؛ بتسجيل القراءات على جهاز تسجيل صغير أثناء المرور فى الحقل ، ثم تفريغها فى الورق بعد العودة إلى المختبر .

ومن أمثلة المقاييس الوصفية التى استعملت لتقدير شدة الإصابات بنيماتودا تعقد الجذور مقياس Zeck (١٩٧١) الذى يأخذ فى الحسبان عدد الثآليل وحجمها ، وتأثير الإصابة فى قوة النمو الجذرى ، ومدى التبكير فى الإصابة (شكل ٤-١٢) . ويؤثر العامل الأخير فى سرعة تحلل المجموع الجذرى وموت النبات ، وفى حجم الثآليل ؛ حيث تكون كبيرة فى الإصابات المبكرة ، وصغيرة فى الإصابات المتأخرة ، إلا أنها تبدأ فى التحلل ، ويموت جزء كبير من المجموع الجذرى ، وتصبح صغيرة فى الأصابات المبكرة جدا ، علما بأن القراءه تؤخذ فى وقت واحد ، فيشاهد فى الحقل الواحد نباتات ذات نمو خضرى قوى، بينما جذورها مليئة بالثآليل الضخمة ، ونباتات أخرى ذات نمو خضرى ضعيف جدا ، بينما جذورها شبه متحللة وضعيفة . وتلك الأخيرة تمثل أشد حالات الإصابة ، بالرغم من أن ثآليلها تكون أقل حجما من غيرها .

ويتدرج مقياس الإصابة ، من صفر (لا توجد أية ثآليل) إلى ١-٣ (يتزايد عدد الثآليل

تدريجيا) ، و٤–٥ (يزداد حجم الثآليل) ، و ٦–٧ (تصبح الثآليل كبيرة الحجم ، ولكن يستمر وجود أجزاء غير مصابة من النمو الجذرى ، و٨–١٠ (تنتشر الثآليل فى كل المجموع الجذرى ، مع استمرار صغره فى الحجم تدريجيا إلى أن يصل إلى أصغر حجم له فى درجة إصابة ١٠) .

وقد استخدمت مقاييس أخرى لتقدير شدة الإصابة بالنيماتودا ، من أبسطها مقياس من صفر إلى ٥ ، حيث صفر – لا توجد ثآليل ظاهرة ، و ١ – الثآليل قليلة جدا وصغيرة الحجم، و ٢ – الثآليل متناثرة وصغيرة إلى متوسطة الحجم ، و ٣ – توجد ثآليل صغيرة كثيرة العدد، وأخرى متوسطة الحجم قليلة العدد ، و ٤– توجد ثآليل متوسطة الحجم كثيرة العدد ، وثآليل كبيرة الحجم وكثيرة الحجم وكثيرة أيضا ، و ٥ – توجد ثآليل كبيرة بكل الجذور تقريبا .

٣ – قياس مدى قدرة المسبب المرضى على النمو والتكاثر على النباتات التى يراد تقييمها للمقاومة ، مقارنة بنموه وتكاثره على صنف قياسى قابل للإصابة . فمثلا .. قسم Taylor & Sasser (١٩٧٨) الأصناف والأنواع النباتية من حيث مقاومتها أو قابليتها للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور إلى :

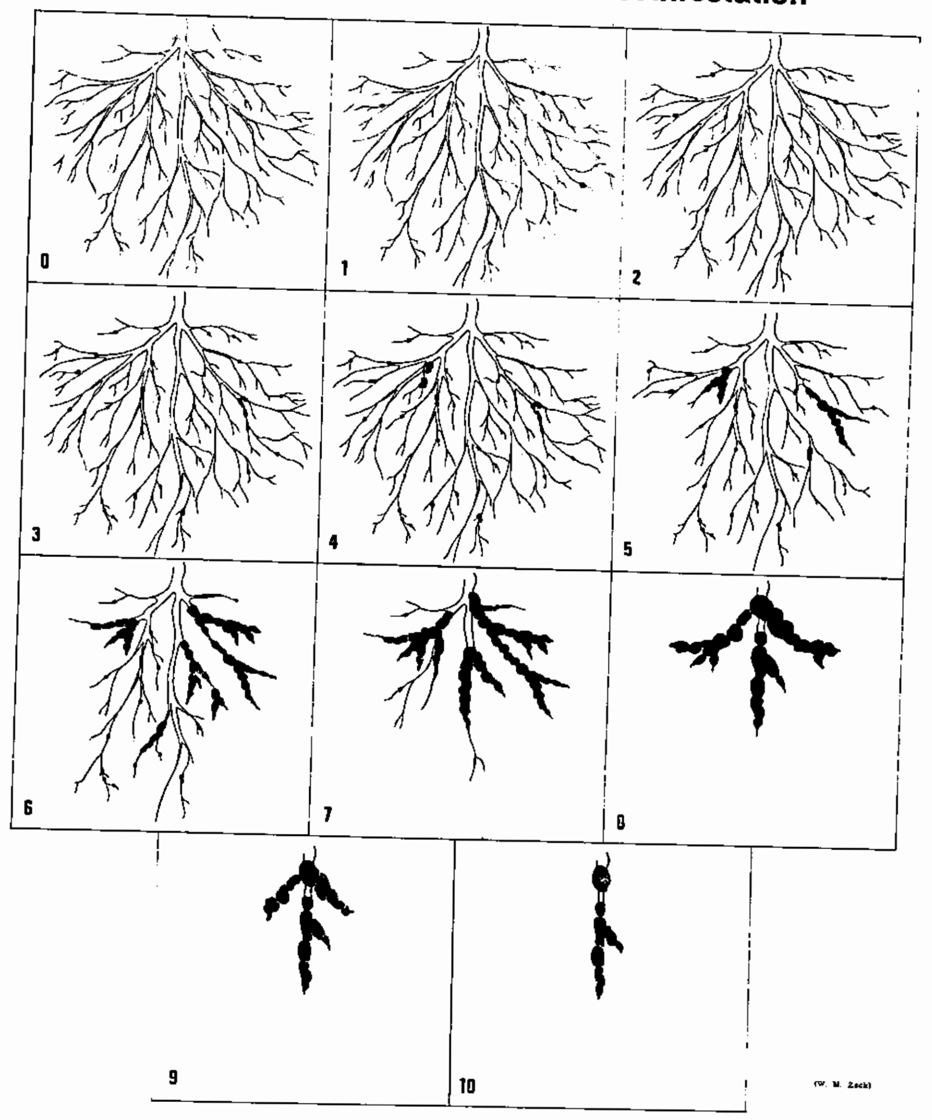
أ – مقاومة بدرجة عالية : وهى التى تبلغ درجة تكاثر النيماتودا عليها أقل من ٢٪ من تكاثرها على النباتات القابلة للإصابة .

ب – مقاومة بدرجة متوسطة : وهى التى تبلغ درجة تكاثر النيماتودا عليها من ١٠–٢٠٪ من تكاثرها على النباتات القابلة للإصابة .

جـ – مقاومة بدرجة بسيطة : وهى التى تبلغ درجة تكاثر النيماتودا عليها من ٢٠–٥٠٪ من تكاثرها على النباتات القابلة للإصابة .

وقد تمكن Omwega وآخرون (١٩٨٨) من حساب عدد كتل البيض Egg Masses لنيماتودا تعقد الجذور فى جذور الفاصوليا بعد ٢٨ يوما من العدوى ، وذلك برى النباتات يوميا خلال الأسبوع الأخير بصبغة الـ Erioglaucine التى صبغت المادة الجيلاتينية المحيطة بكتل البيض ، ولذا .. فقد أمكن عدها بسهولة ، ووجد الباحثون ارتباطا قويا (r = ٨٥ر٠) بين عدد كتل البيض ، وعدد البيض ذاته ، بينما كان الارتباط ضعيفا (r = ٤٥ر٠) بين دليل الثآليل gall index وعدد البيض .

Rating scheme for evaluation of root-knot infestation



شكل (٤-١٢) : مقياس Zeck (١٩٧١) لشدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور .



وراثة المقاومة للأمراض

إن نجاح برامج التربية لمقاومة الأمراض يتوقف إلى حد كبير – على إلمام المربى بكل جوانب وراثة صفة المقاومة ، لكى يمكنه توجيه برنامج التربية ، وإجراء اختبارات التقييم بالكيفية التى تسمح بانتخاب النباتات المقاومة – خلال الأجيال المتتالية فى برامج التربية بأبسط الطرق . ونتناول فى هذا الفصل أهم ما يتعين دراسته فى هذا الشأن . أما عن كيفية إجراء التجارب الوراثية لدراسة تلك الأمور فيمكن الرجوع إليها فى أحد المراجع المتخصصة فى أسس تربية النبات ، مثل حسن (١٩٩١) .

وقد كان R.H.Biffen هو أول من طبق قوانين مندل على وراثة المقاومة للأمراض ، وكان ذلك على مرض الصدأ المخطط فى القمح الذى يسببه الفطر Puccinia glumarum ، وقد بدأ Biffen دراسته بعد اكتشاف قوانين مندل مباشرة ، ونشرها فى عام ١٩٠٥ ، حيث قدم أول دليل علمى على أن المقاومة للأمراض صفة وراثية تنعزل مثلما الصفات النباتية الأخرى ، وكانت المقاومة للمرض – فى هذه الدراسة – صفة بسيطة ومتنحية .

الجوانب التى يتعين معرفتها عن وراثة المقاومة

نلقى فيما يلى – نظرة سريعة عن أهم الجوانب التى يتعين دراستها بخصوص وراثة المقاومة للأمراض ، ونؤجل التفاصيل إلى الأجزاء اللاحقة من هذا الفصل . إن أهم هذه الأمور مايلى :

١ – عدد الجينات المتحكمة فى المقاومة ، سواء أكانت المقاومة بسيطة ، أم كمية .

٢ – التفاعلات الآليلية (أى ما إذا كانت المقاومة سائدة ، أم متنحية) .

٣ – التفاعلات غير الآلية (التفوق Epistasis).

٤ – الوراثة السيتوبلازمية Cytoplasmic Inheritance .

٥ – درجة توريث صفة المقاومة Heritabity .

قد تكون درجة التوريث على النطاق العريض Broad Sense ، وهى النسبة المئوية للجزء من الاختلافات الكلية الذى يعود لأسباب وراثية ، وقد تكون على النطاق الضيق Narrow Sense وهى الاختلافات الوراثية التى تعود إلى الإضافة – كنسبة مئوية من الاختلافات الكلية . وكلما زادت درجة التوريث – خاصة على النطاق الضيق – كلما كان الانتخاب للصفة أكثر فاعلية . وتنخفض عادة درجة التوريث كلما زاد تأثر الصفة بالعوامل البيئية ، إلا أنه توجد أمثلة عديدة لدرجات التوريث المرتفعة ، مثل المقاومة للذبول الفيوزارى فى البطاطا التى قدرت درجة توريثها – على النطاق الضيق – بنحو ٨٦٪ (Jones ١٩٦٩).

٦– درجة النفاذية Penetrance

هى النسبه المئوية لظهور صفة المقاومة على النباتات التى تحمل جينات المقاومة . ومن الطبيعى أن الانتخاب لصفة المقاومة يكون أسهل وأسرع كلما ازدادت درجة نفاذيتها . ولحسن الحظ فإن المقاومة لمعظم الأمراض ذات نفاذية عالية ، ومثال ذلك المقاومة للذبول الفيوزارى فى الطماطم ، حيث وجد أنه بزيادة تركيز اللقاح Inoculum يمكن إحداث الإصابة فى ٩٦ ٪ من النباتات القابلة للإصابة دون أن تتأثر النباتات المقاومة الأصيلة (Alon وآخرون ١٩٧١) .

٧ – تأثير الجينات المحورة Modifying Genes :

حيث يمكن لجين ما أن يثبط ، أو يغير ، أو يحفز من تأثير جين آخر ، وتعرف الجينات المؤثرة على فعل جينات أخرى باسم الجينات المحورة .

٨ – العوامل المؤثرة على وراثة صفة المقاومة ، مثل : عمر النبات ، ومختلف العوامل البيئية ، وسلالة المسبب المرضى ، وتركيز اللقاح ...الخ .

٩ – الارتباط بين المقاومة ، والصفات النباتية الأخرى سواء أكانت تلك الصفات مرغوبة

أم غير مرغوبة ، علما بأن الإنتخاب لصفة المقاومة يمكن أن يجرى بكفاءة عالية عند ارتباط المقاومة بصفة مرغوبة وظاهرة ، كما فى حالة ارتباط المقاومة لمرض الاسوداد فى البصل بلون البصلة .

١٠- تأثير جين أو جينات المقاومة لمسبب المرض على مسببات الأمراض الأخرى ، مثل حالة مقاومة البسلة لكل من فيروس موزايك البطيخ رقم ٢ ، وموزايك الفاصوليا العادى التى يتحكم فيها جين واحد متنح (Schroeder & Provvidenti ١٩٧٠).

١١ - تأثير جين أو جينات المقاومة على السلالات المختلفة للمسبب المرضى :

يمكن أن يكسب الجين الواحد النبات الحامل له مقاومة ضد أكثر من سلالة واحدة من سلالات المسبب المرضى . ومن أمثلة ذلك مقاومة صنف القمح Kanred لإحدى عشرة سلالة من الفطر P. graminis tritici (وهى مقاومة يتحكم فيها جين جين واحد) ، والصنف Turkey 3055 الحامل للجين T المسئول عن المقاومة لخمس عشرة سلالة من الفطر T. caries والصنف Rio الحامل للجين M المسئول عن المقاومة لثمانى سلالات من الفطر T. foetida (Allard ١٩٦٠).

وبينما قد يُكسب الجين الواحد النبات مقاومة لأكثر من سلالة من المسبب المرضى ، فإنه لا يشترط تشابه وراثة المقاومة لجميع هذه السلالات ؛ ففى الذرة .. نجد أن الجين Rp3 يكسب النباتات مقاومة سائدة ضد السلالة 901 من الفطر Puccinia sorghi المسبب للصدأ ، كما يكسبها أيضا مقاومة متنحية ضد السلالة 903 من نفس الفطر . وقد فشلت محاولات العثور على جين آخر ، فى موقع الجين Rp3 أو قريبا منه (عن Manners ١٩٨٢). كما وجد أن المقاومة للفطر P.striformis فى القمح (والتى يتحكم فيها جينان) تكون سائدة ضد بعض سلالات الفطر ، ومتنحية ضد سلالات أخرى منه .

١٢- تأثير الخلفية الوراثية للنبات على وراثة المقاومة :

قد تؤثر الخلفية الوراثية للنبات على وراثة مقاومته للأمراض ؛ ففى القمح .. وجد أن الجين Lr2 المسئول عن المقاومة للفطر P. recondita tritici (المسبب لمرض صدأ الأوراق) يكون سائدا وهو فى الخلفية الوراثية للصنف Red Bobs ، بينما يكون متنحيا وهو فى الخلفية الوراثية للصنف Thatcher (عن Van der Plank ١٩٨٤)

عدد الجينات التى تتحكم فى مقاومة الأمراض

نوضح – فيما يلى – أمثلة لحالات مختلفة من وراثة المقاومة للأمراض من حيث عدد الجينات التى تتحكم فى المقاومة .

أولاً : حالات مقاومة يتحكم فى وراثتها جين واحد

من أمثلة حالات المقاومة للأمراض التى يتحكم فى وراثتها جين واحد ما يلى :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
الفاصوليا	فيرسى	Pod Mottle Virus	سائدة
الفاصوليا	تبرقش الفاصوليا	Bean Mosaic Virus	سائدة
الفاصوليا	البياض الزغبى	Pytophthora phaseoli	سائدة
الفاصوليا	البياض الدقيقى	Erysiphe polygoni	سائدة
الفاصوليا	الصدأ	Uromyces phaseoli typica	سائدة
الخيار	الجرب	Chladosporium cucumerinum	سائدة
الخس	البياض الدقيقى	Erysiphe cichoracearum	سائدة
البسلة	الذبول الفيوزارى	Fusarium oxysporum f . pisi	سائدة
البسلة	البياض الدقيقى	Erysiphi pisi	متنحية
الفلفل	تبرقش الفلفل	Pepper Mosaic Virus	سائدة
السبانخ	البياض الزغبى	Peronospora effusa	سائدة
السبانخ	التبرقش	Cucuwber Mosaic Virus	سائدة
الطماطم	ذبول فيرتسيلليم	Verticillim albo - atrum	سائدة
الطماطم	الذبول الفيوزارى	Fusarium oxysporum f . sp. lycopersici	سائدة
الطماطم	تبقع الأوراق السبتورى	Septoria lycopersici	سائدة
الطماطم	الذبول المتبقع	Tomato Spotted Wilt Virus	متنحية
الطماطم	عفن الرقبة	Alternaria solani	ذات سيادة غير تامة
الفاصوليا	تبرقش الفاصوليا الأصفر	Yellow Bean Mosaic Virus	متنحية
فول الصويا	البثرات البكتيرية		متنحية
الكرنب	الاصفرار	Fusarium oxysporum f . conglutinans	طراز A– سائدة
الفجل	الصدأ الأبيض	Albugo candida	بسيطة
الخيار	الذبول البكتيرى	Erwinia tracheiphila	بسيطة
البسلة	الجذر الوردى	Pyrenochaeta Terrestris	بسيطة
الفاصوليا	موازيك الفاصوليا العادى	Common Bean Mosaic Virus	متنحية (الجين a)
الكرنب	العفن الأسود	Xanthomonas campestris pv. campestris	سائدة
		(١٩٧٨ Russell)	

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
القنبيط	العفن الأسود	X. campestris pv. campestris (١٩٨٦ Jamwal & Sharma)	سائدة
البطاطا	نيماتودا تعقد الجذور	Meloidogyne spp . (وآخرون ١٩٨٤ Abobaker)	سائدة

ثانيا : حالات مقاومة يتحكم فى وراثتها زوجان من الجينات

من أمثلة حالات المقاومة التى يتحكم فى وراثتها زوجان من الجينات مايلى :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
البصل	البياض الزغبى	Peronospora destructor	الجينان سائدان
فاصوليا الليما	التبرقش		الجينان سائدان
الفاصوليا	فيرس موزايك الفاصوليا العادى	Common Bean Mosaic Virus	الجينان متنحيان : s ، و a

ثالثا : حالات مقاومة يتحكم فى وراثتها ثلاثة ازواج من الجينات

من أمثلة حالات المقاومة التى يتحكم فى وراثتها ثلاثة أزواج من الجينات ما يلى :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
البصل	الاسوداد	Colletotrichum circinans	تؤثر فيها السيادة والتفوق
البسلة	لفحة أسكوكيتا	Ascochyta pisi	الجينات سائدة
الخيار	التبرقش - مرحلة الأوراق الفلقية	Cucumber Mosaic Virus	الجينات مكملة لبعضها
الفاصوليا	فيرس موزايك الفاصوليا العادى		الجينات I ، و S و a

رابعا : حالات مقاومة يتحكم فى وراثتها اكثر من ثلاثة ازواج من الجينات

من أمثلة حالات المقاومة التى يتحكم فى وراثتها أكثر من ثلاثة أزواج من الجينات مايلى:

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
الصليبيات	تدرن الجذور	Plasmodiophora brassicae	
الفاصوليا	عفن الجذر الفيوزارى	Fusarium oxysporum f. solani	الجينات مكملة لبعضها
الكرنب	الاصفرار	Fusarium oxysporum f. conglutinans	طراز B
الطماطم	تلطخ الأوراق	Fulvia fulva	جينات رئيسية

خامسا: حالات تتنوع فيها وراثة المقاومة بين مختلف المصادر

تعد المقاومة لفيرس موزايك الفاصوليا العادى Common Bean Mosaic Virus فى الفاصوليا من الحالات القليلة التى تختلف فيها وراثة المقاومة ما بين زوج واحد ، وزوجين ، وثلاثة أزواج من الجينات كما يلى :

١ – يتحكم فى المقاومة البسيطة جين واحد متنحٍ يأخذ الرمز a .

٢ – تتوفر مقاومة أخرى ضد بعض سلالات الفيرس ، ويتحكم فيها جينان متنحيان يأخذان الرمزين s ، و a ، كما فى الأصناف : Michelite ، و Sanilac ، وسلالات Great Northern .

٣ – تتوفر مقاومة ثالثة توجد فى معظم أصناف الفاصوليا الخضراء (مثل الصنف : Corbet Refugee) ويتحكم فيها جين سائد I مثبط لتأثير الجينين S ، و A الخاصين بالقابلية للإصابة ، وبذا .. يصبح الصنف مقاوما . وتعد هذه المقاومة فعالة ضد جميع سلالات الفيرس .

وجدير بالذكر أن المقاومة فى الحالتين الأولى والثانية تكون متنحية ، بينما تظهر المقاومة فى الحالة الثالثة سائدة ، لأن الجين السائد I يظهر تأثيره حتى وإن لم يحمل النبات جينات المقاومة المتنحية s ، و a (عن Walker ١٩٥٩ ، و ١٩٦٦) .

خصائص وراثة المقاومة للأمراض

تتميز وراثة المقاومة لبعض الأمراض بخصائص معينة ، و يفيد الإلمام بها فى إجراء برامج التربية للمقاومة على الوجه الأكمل ، و من تلك الخصائص ما يلى :

ارتباط المقاومة بصفة نباتية ظاهرة

تعتبر المقاومة للفطر Colletotrichum circinans المسبب لمرض الاسوداد أو التهبب Smudge فى البصل من أبرز الأمثلة على ارتباط المقاومة بصفة مورفولوجية واضحة ، كما تعد مثالا للمقاومة التى يتحكم فيها ثلاثة جينات مستقلة يحدث بينها تفاعلات غير آليلية ، وللمقاومة التى ترجع إلى وجود مركبات كيميائية معينة بالنبات قبل حدوث الإصابة. ففى هذا المرض .. ترتبط المقاومة للفطر بلون الحراشيف الخارجية للأبصال ، حيث تكون المقاومة عالية فى الأبصال الحمراء والصفراء ، و متوسطة فى الأبصال الوردية والكريمية اللون ، بينما تكون الأبصال البيضاء قابلة للإصابة . ويتحكم فى وراثة كلا الصفتين ثلاثة أزواج من الجينات كما يلى (عن Walker ١٩٥٧) :

التركيب الوراثى	لون الأبصال	المقاومة
R - C - ii	حمراء	عالية
rr C - ii	صفراء	عالية
R - C - Ii	وردية	متوسطة
rr C - Ii	كريمية	متوسطة
R - C - II	بيضاء	لا توجد
rr C - II	بيضاء	لا توجد
R - cc I-	بيضاء	لا توجد
R - cc ii	بيضاء	لا توجد
rr cc Ii	بيضاء	لا توجد
rr cc ii	بيضاء	لا توجد

وقد أوضح Clarke فى عام ١٩٤٤ (عن Jones & Mann ١٩٦٣) ضرورة وجود العامل الوراثى السائد (C) لظهور أى تلوين بالأبصال .. فكل الأبصال ذات التركيب الوراثى CC تكون بيضاء اللون . وتكون الأبصال حمراء اللون عن وجود الجنين R ، و C معا ، و وتصبح الأبصال صفراء اللون عندما يوجد الأليل المتنحى r بحالة أصيلة مع الجين السائد C .

كذلك يوجد جين ثالث (I) نو سيادة غير تامة ، و يؤثر على لون الأبصال كما يلى:

١ – تكون الأبصال بيضاء اللون عند وجودة بحالة سائدة أصيلة ، أيا كانت الجينات الأخرى الموجودة معه .

٢ – عند وجودة بحالة متنحية أصيلة .. يتحدد اللون بالجينين C ، و R كما سبق بيانه .

٣ – أما عند وجوده بحالة خليطة .. فإن اللون يكون ورديا فى وجود الجين C ، و R بحالة سائدة ، و كريميا عند وجود الجين C بحالة سائدة ، و الجين R بحالة متنحية أصيلة (٣٢) .

وتبين من الدراسات التى أجريت على طبيعة المقاومة للمرض أن الحراشيف الخارجية للبصل الملون تحتوى على مادتين فينوليتين قابلتين للذوبان فى الماء هما : الكايتكول Cate-chol ، وحامض البروتوكايتكوك Protocatechuic Acid ، وهما سامتان للفطر المسبب لمرض الاسوداد . تذوب المادتان فى الماء الأرضى حول البصلة ، وبذا .. تمنعان الفطر من إصابة الأبصال .

وقد وجد أن الأوراق المتشحمة الداخلية لا تكون مقاومة للفطر إذا أزيت الحراشيف الخارجية للبصلة ، ويرجع ذلك – غالبا – إلى أن المواد السامة للفطر لا تنتشر بسهولة فى الأوراق المتشحمة الداخلية كما يحدث فى الحراشيف الميتة الخارجية .

كذلك وجد ارتباط قوى فى الخيار بين الجين Bw المسئول عن مقاومة البكتيريا Erwinia trachephila المسببة لمرض الذبول البكتيرى ، والجين M الخاص بحالة الجنس المؤنث ، مقابل حالة الأزهار الكاملة . ومن المعروف أن حالة الجنس فى الخيار يتحكم فيها عاملان وراثيان هما :

١ – العامل M المسئول عن إنتاج أزهار مؤنثة وأليلة m المسئول عن إنتاج أزهار كاملة.

٢ – العامل F الذى يتحكم فى عدد العقد التى تظهر عليها أزهار منكرة على الساق الرئيسية قبل بدء ظهور الأزهار المؤنثة أو الكاملة .

ونظرا لانعزال العاملين M ، و F مستقلين عن بعضهما البعض ؛ لذا .. تتكون أربعة تراكيب وراثية كما يلى :

التركيب الوراثى	الشكل الظاهرى
M - ff	وحيد الجنس وحيد المسكن Monoecious
M - F -	مؤنث Gynoecious
mm ff	أزهار مذكرة وأزهار خنثى Andromonoecious
mm F -	أزهار خنثى فقط Hermaphroditic

وبذا .. فإن النبات المقاوم للبكتيريا يمكن أن يكون مؤنثا ، أو وحيد الجنس وحيد المسكن (عن Iezzoni & Peterson ١٩٨٠) .

التعدد الأليلى لجينات المقاومة

تعتبر المقاومة للفطر Melampsora lini المسبب لمرض الصدأ فى الكتان مثالا لحالة التعدد الأليلى لجينات المقاومة للأمراض ، فقد وجد Flor أن المقاومة لهذا المرض يتحكم فيها عدة أليلات فى خمسة مواقع جينية كم يلى :

الموقع	عدد أليلات المقاومة
K	١
L	١٢
M	٦
N	٣
P	٤

ومن الطبيعى أن تعدد أليلات المقاومة فى نفس الموقع الجينى يُحد من العدد الكلى لعدد جينات المقاومة التى يمكن إدخالها فى الصنف الواحد .

كذلك يتحكم فى المقاومة للفطر Puccinia sorgi المسبب للصدأ العادى فى الذرة الجين Rpl الذى يعرف له ١٥ أليلا تميز بأحد الحروف من a إلى n إلى جانب رمز الجين . وباستثناء الأليل المنتحى rpl المسئول عن القابلية للإصابة (عند وجوده بحالة أصيلة) .. فإن جميع الأليلات الأخرى سائدة ومسئولة عن المقاومة للفطر (Day ١٩٧٤) .

اختبار الأليلية Allelism Test

يستفاد من اختبارات الأليلية فى تحديد ما إذا كانت المصادر المختلفة لمقاومة مرض ما يتحكم فيها جين واحد أم جينات مختلفة ، وبذا .. يمكن تجنب تكرار جهود التربية إذا ثبت وجود نفس جين – أو جينات – المقاومة للمرض فى المصادر المختلفة ، و تجميع وتركيز المقاومة إذا ثبت اختلاف الجينات التى تتحكم فيها بين مختلف المصادر .

ومن أمثلة اختبارات الأليلية تلك التى أجريت على الأصناف المقاومة للفطر Bremia lactucae المسبب لمرض البياض الزغبى فى الخس ، حيث وجد ما يلى (Zink ١٩٧٣).

١ – تحتوى الأصناف : Red Salad Bowl، وBourguignonne، و Salad Trim، و Calicel، و Calmar، و E - 4 ، و Valrio ، و Imperial 410 ، و Valtemp، وValverde على مقاومة بسيطة وسائدة متحصل عليها من إحدى سلالات L. serriola الروسية المنشأ هى P.I.91532 .

٢ – يحتوى الصنف Meikoningen على مقاومة بسيطة وسائدة يتحكم فيها جين آخر غير المتحصل عليه من السلالة P.I.91532 . وأوضحت اختبارات الأليلية أن الجينين يورثان مستقلين عن بعضهما البعض .

٣ – يحتوى كل من الصنفين Proeftuin's Blackpool ، و Ventura على مقاومة يتحكم فيها جينان سائدان متشابهان فى كلا الصنفين ، هما – أى الجينان – يختلفان عن الجين المتحصل عليه من السلالة P.I.91532.

٤ – تحتوى السلالة P.I. 164937 على مقاومة يتحكم فيها جينان سائدان ، يتماثل أحدهما مع الجين المتحصل عليه من السلالة P.I.91532 (جدول ٥ – ١) .

المقاومة الكمية Quantitative Resistance

تكون الانعزالات فى حالات المقاومة التى يتحكم فيها عدد كبير من أزواج الجينات المستقلة حسب مفكوك المعادلة ذات الحدين : $(r + s)^n$ ، حيث :

n = عدد الأليلات المنعزلة .

جدول (٥-١) : نتائج اختبارات الأليلية لجينات المقاومة للبياض الزغبى فى الخس .

التلقيح	الإنعزال		قيمة مربع		الاحتمال(p)
	مقاوم	مصاب	كاى (x^2)		
GL118 x Meikoningen	١٤٦	٤٦	١١١ر٠	(١:٣)	٩٥ر٠ – ٧٠ر
GL118 x Ventura	٤٨٩	٣٣	٠٠٤ر٠	(:١٥)	٩٥ر٠ – ٧٠ر
Calmar x Meikoningen	١٢٥٢	٧٨	٣٣٧ر٠	(١:١٥)	٧٠ر٠ – ٥٠ر
GL118 x P.Blackpool	٣٣٨	٢٥	٢٥١ر٠	(١:١٥)	٧٠ر٠ – ٥٠ر
Calmar x P.Blackpool	١٤٣٨	٢٢	٠٢٩ر٠	(١:٦٣)	٩٥ر٠ – ٧٠ر
Calmar x Ventura	١٢٦٥	١٩	٠٥٧ر٠	(١:٦٣)	٩٥ر٠ – ٧٠ر

r ، و s : أليلات المقاومة ، و والقابلية للإصابة على التوالى .

فعندما يتحكم فى الصفة عامل وراثى واحد (زوج من الأليلات) تصبح n = ٢ ، ويصبح مفكوك المعادلة كما يلى :

$$(r + s)^2 = r2 + 2\ rs + s^2$$

أى إن الجيل ينعزل بنسبة ١ مقاوم أصيل : ٢ خليط : ١ قابل للإصابة أصيل .

وعندما يتحكم فى الصفة زوجان من الجينات تصبح n = ٤ ، ويصبح مفكوك المعادلة كمايلى :

$$(r+s)^4 = r^4 + 4\ r^3 s + 6\ r^2 s\ \ + 4\ rs^3 + s^4\ 2$$

أى إن الانعزال فى الجيل الثانى يصبح بنسبة ١ : ٤ : ٦ : ٤ : ١ . وبذا .. فإن مفكوك المعادلة يعطى هرما من النسب الانعزالية كما يلى :

عدد العوامل الوراثية	النسبة الانعزالية للفئات المظهرية
١	١ : ٢ :١
٢	١ : ٤ : ٦ : ٤ :١
٣	١ : ٦ : ١٥ : ٢٠ : ١٥ : ٦ : ١
٤	١ : ٨ : ٢٨ : ٥٦ : ٧٠ : ٥٦ : ٢٨ : ٨ : ١

أى إن عدد الفئات المظهرية يكون دائما : $2n + 1$

وعندما تكون n كبيرة بقدر كاف .. فإن عدد الفئات المظهرية المنعزلة يزداد إلى درجة إعطاء توزيع مستمر لشدة الإصابة فى الجيل الثانى دون وجود أية فواصل مميزة بين تلك الفئات .

ويجب ملاحظة الافتراضين التاليين بشأن تطبيق المعادلة السابقة :

١ – أن جميع المواقع الجينية متساوية من حيث تأثيرها على صفة المقاومة .

٢ – أن تأثير هذه الجينات إضافى ، وأن كل التباين الوراثى إضافى ، لأن السيادة التامة لهذه الجينات – إن وجدت – تغير الانعزالات من ١ : ٢ : ١ إلى ٣ : ١ ، ومن ١ : ٤ : ٦ : ٤ : ١ إلى ١٥ : ١ ... وهكذا تظهر دائما فئتان مظهرتان فقط ، مما يعنى استمرارية الاختلافات مهما كثرت أعداد الجينات المتحكمة فى صفة المقاومة (Van der Plank ١٩٨٢) .

ومن أمثلة المقاومة الكمية : مقاومة النباتات البالغة للصدأ فى القمح وغيره من النجليات (Walker ١٩٦٦) ، ومقاومة الفاصوليا العادية للفطر Fusarium solani f. phaseoli المسبب لمرض عفن الجذور الجاف (Hassan وآخرون ١٩٧١) وللفطر Thielaviopsis basicola المسبب لمرض عفن الجذور الأسود (Hassan وآخرون ١٩٧١ب).

ومن حالات الوراثة الكمية كذلك القدرة على تحمل الإصابة بفيرس تجعد أوراق الطماطم الأصفر فى السلالتين LA121 ، و LA373 من النوع البرى L. pmpinellifolium وقد أوضحت دراسات Hassan وآخرون (١٩٨٤) أن مقاومة هاتين السلالتين كانت متنحية

جزئيا ، و ذات نفاذية غير كاملة ، و قدرت درجة توريثها على النطاق الضيق بنحو ٥٢ ر٠ ، و ٢٧ ر٠ فى السلالتين على التوالى ، كما قدرت نسبة التباين الإضافى من التباين الوراثى الكلى لصفة القدرة على تحمل الإصابة بنحو ٦١ ٪ ، و ٤٤ ٪ فى السلالتين على التوالى أيضا .

المقاومة البسيطة الكاذبة Pseudomonogenic Resistance

أطلق Van der Plank (١٩٨٤) هذا المصطلح على حالات المقاومة التى تتميز بعدم استمرارية الاختلافات Discontinuous Variations بالرغم من تحكم عدة جينات فى وراثتها ، وهى إحدى خصائص أمراض " الجين للجين " Gene for Gene Diseases التى يُقابل فيها كل جين للمقاومة فى العائل بجين للضراوة فى المسبب المرضى .

يمكن فى أمراض كهذه أن يتحكم زواج واحد من الجينات فى المقاومة أيا كانت أزواج الجينات الأخرى - المسئولة عن المقاومة - التى توجد معه . ففى القمح ... يوجد ٣٥ جينا على الأقل تتحكم فى المقاومة للفطر P.recondita tritici المسبب لمرض صدأ الأوراق . تأخذ هذه الجينات الرمز الأساسى Lr .

ويمكن لزوج واحد من الجينات (Lr Lr) أن يجعل النبات مقاوما برغم وجود أزواج الجينات المتنحية (lr lr) فى بعض أو كل الـ ٣٤ موقعا جينيا الأخرى . وتحدث هذه الحالة عند وجود أى من هذه الآليلات بحالة سائدة ، أى أن جرعة واحدة من المقاومة (Lr) تسود على ٦٩ جرعة من القابلية للإصابة (lr) .

والفرق الأساسى بين حالة المقاومة البسيطة الكاذبة ، و بين وراثة الصفات العادية - فى حالات السيادة التامة - أن نسب التراكيب الوراثية المنعزلة فى الجيل الثانى تكون دائما ٣^{ن} (حيث (ن) تمثل عدد أزواج العوامل الوراثية المنعزلة) ، بينما يكون عدد الأشكال المظهرية كما يلى :

٢^{ن} للصفات العادية مع السيادة التامة .

٣^{ن} للصفات العادية مع غياب السيادة

شكل مظهرى واحد أو شكلان مظهريان على الأكثر فى حالات المقاومة البسيطة الكاذبة

(مع توفر شرط السيادة التامة لجميع الجينات) . يظهر الشكل المظهرى الوحيد (يكون خاصا بالقابلية للإصابة) عندما تفقد جميع جينات المقاومة فاعليتها بسبب وجود جينات للضراوة تقابلها فى المسبب المرضى . أما الشكلان المظهريان فيكونان خاصين بالمقاومة والقابلية للإصابة عندما يكون أحد ، أو بعض ، أو كل جينات المقاومة فعالة . وعنما تكون جميع جينات المقاومة محتفظة بفاعليتها ، فإن الانعزالات الوراثية تظهر - فى الجيل الثانى - كما يلى :

عدد أنواع الجينات	الانعزال فى الجيل الثانى	
	مقاوم	قابل للإصابة
٢	٨	١
٣	٢٦	١
٤	٨٠	١
ن	٣ ن - ١	١

علما بأن النباتات القابلة للإصابة فى هذا المثال (عندما تحتفظ جميع جينات المقاومة بفاعليتها) تمثل التركيب الوراثى الأصيل المتنحى فى جميع الجينات .

ولقد تم التعرف على نحو ٢٠ - ٤٠ جينا للمقاومة فى حالات أمراض كثيرة كهذه (أمراض الجين للجين) منها : صدأ الساق فى القمح (P.graminis tritici)، وصدأ الأوراق فى القمح (P.recondita tritci) وصدأ التاج فى الشوفان (P.coronata avenae) ، والبياض الدقيقى فى الشعير (Erysiph graminis hordei) وصدأ الكتان (Melampsora lini) . وتوجد عديد من الحالات المرضية الأخرى التى يعرف فيها عدد أقل من جينات المقاومة .

وتسمح حالة عدم استمراية التباين فى الشكل المظهرى فى التعرف على جينات المقاومة كل على حدة ، وتأخذ هذه الجينات أرقاما فى سلسلة إلى جانب رمز أساسى لها ، مثل : Sr فى حالة صدأ الساق (Stem Rust) ، و Lr فى حالة صدأ الأوراق (Leaf Rust) وYr فى حالة الصدأ المخطط أو الأصفر (Yellow Rust) ، و Pm فى حالة البياض

الدقيقى (Powdery Mildew) ، وH_9 فى حالة المقاومة لذبابة هسيان (Hessian fly) ...
وهكذا . ويستخدم الحرف r للإشارة إلى المقاومة (resistance) فى رموز معظم هذه الجينات ، بل إنه يستخدم كرمز أساسى لجينات المقاومة للندوة المتأخرة فى البطاطس .

وأهم ما يميز هذه المجموعات من جينات المقاومة أنها :

١ – لا تتأثر كثيرا بتركيز اللقاح Inoculum عند إجراء اختبارات المقاومة .

٢ – لا تتأثر كثيرا بالعوامل البيئية باستثناءات قليلة .

ارتباط الجينات المسئولة عن المقاومة بعضها ببعض

من أمثلة الارتباطات المرغوبة بين الجينات حالة المقاومة للفطر Erysiphe graminis المسبب لمرض البياض الدقيقى فى الشعير ، حيث أوضحت الدراسات الوراثية أن المقاومة يتحكم فيها ١٧ آليلا – على الأقل – توجد فى سبعة مواقع جينية على الأقل ، وأن أحد عشر آليلا من هذه الآليلات – تحمل فى الموقع MI- a أو بالقرب منه على الكروموسوم رقم ٥ ، وترتبط معظم هذه الجينات ببعضها ، وتورث كمجموعة واحدة . ويفيد هذا الارتباط فى إبقاء هذه الجينات معا حتى عندما لا يجرى الانتخاب إلا لبعضها فقط . إلا أن العبور يمكن أن يفصل بين هذه الجينات عند الرغبة فى ذلك (Russell ١٩٧٨).

المقاومة السيتوبلازمية Cytoplasmic Resistance

تتحكم فى المقاومة لبعض مسببات الأمراض عوامل سيتوبلازمية ، أى أنها تورث عن طريق السيتوبلازم ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ – الإصابة بفيرس x البطاطس فى الجنس Capsicum :

تحدث العدوى بفيرس X البطاطس إصابة جهازية بالتبرقش فى النوع C. annuum بينما تكون الأعراض على صورة بقع موضعية متحللة فى النوع C. pendulum وتكون أعراض الإصابة فى الجيل الأول للهجين بينهما على صورة تبرقش جهازى عند استخدام C.annuum كأم فى التهجين ، بينما تكون على صورة بقع موضعية عند استخدام C.pendulum كأم .

ب – تعتبر الإصابة بالفطر Cochliobolus heterostrophus المسبب لمرض لفحة الأوراق الجنوبية فى الذرة من أشهر حالات الوراثة السيتوبلازمية . ظهر المرض بصورة وبائية على جميع هجن الذرة التى تحتوى على سيتوبلازم تكساس " أو الـ T cytoplasm خلال عامى ١٩٧٢ ، و١٩٧٣ ، ثم تبين أن هذا السيتوبلازم يحمل صفة القابلية للإصابة بالمرض ، علما بأن جميع هذه الهجن كانت تحتوى على مصدر واحد للسيتوبلازم (T cytoplasm) الذى تتوفر فيه صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى .

ولا يمكن التعرف على حالات الوراثة السيتوبلازمية إلا بعد إجراء التلقيحات العكسية ودراستها . ونظرا لأن هذه التلقيحات لم تجر فى عديد من الدرسات .. فإنه من المعتقد أن تأثير السيتوبلازم على وراثة المقاومة للأمراض لم يأخذ حقه من الدراسة .

تأثر وراثة المقاومة بعوامل أخرى

تتأثر وراثة المقاومة للأمراض بعوامل أخرى بيئية وحيوية ، نذكر منها ما يلى :

١ – سرعة نمو العائل :

أوضحت الدراسات الوراثية أن الجين Yd2 المسئول عن المقاومة لفيرس التقزم الأصفر فى الشعير barley yellow dwarf virus يكون سائدا سيادة تامة ، أو متنحيا تماما حسب سرعة نمو نباتات الشعير .

٢ – عمر النبات :

تختلف أحيانا وراثة المقاومة لنفس المرض باختلاف عمر النبات عند إجراء اختبار تقييم المقاومة . فمثلا .. تكون مقاومة الخيار لفطر Cladosporium cucumerinum – المسبب لمرض الجرب بسيطة وذات سيادة غير تامة فى طور البادرات الصغيرة جدا ، ولكن السيادة تكون تامة فى مراحل النمو الأخرى . وبذا .. يمكن فى هذه المرحلة المبكرة من النمو تمييز النباتات الأصيلة عن الخليطة فى صفة المقاومة . ويتعين عند إجراء اختبار المقاومة لهذا المرض أن تكون درجة الحرارة من ١٧ – ١٨ م° ، علما بأنه تصعب إصابة النباتات القابلة للإصابة فى درجة حرارة ٢٢م° أو أعلى من ذلك .

٣ – درجة الحرارة السائدة :

تتأثر المقاومة للأمراض كثيرا بدرجة الحرارة ، و هو أمر نتناوله بالتفصيل فى موضع آخر من هذا الكتاب . كما قد تؤثر درجة الحرارة السائدة على وراثة المقاومة للمرض ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ – يكون الجين Sr6 المسئول عن المقاومة للفطر P. graminis tritici فى القمح سائدا فى درجة حرارة ١٨م° أو أقل ، ولكنه يكون متنحيا فى درجة حرارة أعلى من ٢٤م° .

ب – أكسب الجين Tm1 نباتات الطماطم مقاومة سائدة لنحو ٥٣ ٪ من عزلات فيرس موزايك الدخان على درجة حرارة ١٧م° ، بينما كانت النباتات قابلة للإصابة بجميع عزلات الفيرس على حرارة ٣٠م° . وبالمقارنة .. أكسب الجين Tm2 النباتات مقاومة سائدة ضد ٨٠٪ من سلالات الفيرس عند ١٧م° ، وضد ٢٤ ٪ فقط منها عند حرارة ٣٠م° أما الجين $Tm2^a$ .. فقد أكسب النباتات مقاومة سائدة ضد ٥٨ ٪ من عزلات الفيرس عند ١٧°م ، وضد ٧ ٪ منها فقط عند ٣٠م° (عن Van der Plank ١٩٨٤) .

٤ – تواجد مسببات مرضية أخرى والتفاعل معها :

من أمثلة حالات تأثر المقاومة بالتفاعل بين المسببات المرضية المختلفة التى قد تتواجد معا ما يلى :

أ – مقاومة الذبول الفيوزارى وذبول فيرتيسيلليم فى الطماطم :

يتحكم فى مقاومة كل من الفطرين جين واحد سائد ؛ الجين I فى حالة مقاومة الذبول الفيوزارى ، والجين Ve فى حالة المقاومة لذبول فيرتيسيلليم ، وبينما لا يكسب الجين المسئول عن مقاومة الذبول الفيوزارى نباتات الطماطم مقاومة ضد الفطر المسبب لذبول فرتسيلليم Verticiilum albo-atrum عند تعريض النباتات لفطر الفيرتيسيلليم فقط ، فإنه يكسبها مقاومة ضد هذا الفطر عندما تتعرض النباتات لكلا الفطرين – الفيوزاريم والفيرتيسيلليم – ، وبذا .. تبدو النباتات كما لو كانت حاملة لجين المقاومة للفيرتيسيلليم حتى ولو لم تكن حاملة له .

ب - مقاومة الذبول الفيوزارى ونيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم :

يتحكم الجين Mi فى المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور والجين I فى المقاومة للذبول الفيوزارى ، ولكن الجين I يصبح عديم الفاعلية ضد فطر الفيوزاريم فى حالة تعريض النباتات للإصابة بالنيماتودا . ولذا .. فإنه عند وجود المسببين المرضين معا فى التربة فإن ظهور تأثير الجين I من عدمه يتوقف على وجود أو غياب الجين Mi .

طرز ومستويات المقاومة لمسببات الأمراض

تكثر المصطلحات المستخدمة فى وصف طرز ومستويات المقاومة للأمراض ، وقد ذكرنا العديد منها ، وسيأتى ذكر المزيد ، ولكنا نلقى الآن بعض الضوء على الطرز التالية من المقاومة ؛ تمهيدا لدراسة المقاومة الرأسية والأفقية فى الفصل التالى .

تحمل الإصابة Tolerance

يمكن الاستفادة من النباتات القادرة على تحمل الإصابة Tolerant فى الزراعة عند عدم توفر المقاومة فى الأصناف التجارية ، ولكن ذلك الأمر لا يخلو من المخاطر ، خاصة فى حالات الأمراض الفيروسية ، ذلك لأن الأصناف القادرة على تحمل الإصابة تصاب بالمسبب المرضى الذى سرعان ما ينتشر بأعداد هائلة فى مساحات كبيرة ، خاصة عندما يكون تكاثر المحصول خضريا . وبذا .. تصبح هذه النباتات مصدرا للإصابة لكل من الأصناف الأخرى من المحصول التى تكون أقل تحملا للإصابة ، وللمحاصيل الأخرى التى تصاب بنفس المسبب المرضى . كما قد تتأثر هذه الأصناف ذاتها - القادرة على تحمل الإصابة - فى حالات الإصابة الشديدة بالمسبب المرضى . ومما لا شك فيه أن وجود أعداد كبيرة من النباتات المصابة يعطى فرصة أكبر لظهور طفرات جديدة من المسبب المرضى قد تكون أكثر ضراوة من السلالات المنتشرة بالفعل .

ومن المخاطر الأخرى التى تترتب على زراعة الأصناف القادرة على تحمل الإصابة تعرض النباتات لأمراض خطيرة أحيانا لدى إصابتها بفيرس آخر معين . ففى الطماطم مثلا .. لا تحدث الإصابة بأى من فيرسى تبرقش الدخان ، أو إكس البطاطس أعراضا شديدة ، أو نقصا كبيرا فى المحصول ، ولكن تواجد الفيروسين معا يصيب الطماطم بمرض

التخطيط المزدوج double streaak ، وهو مرض خطير يقضى على محصول الطماطم . وتزيد مخاطر هذا المرض عندما تكون أصناف الطماطم المزروعة قادرة على تحمل الإصابة بفيرس تبرقش الدخان .

إن المقاومة والقدرة على تحمل الإصابة خاصيتان مختلفتان تورثان مستقلتين ، وعلى المربى أن يستفيد من كلتيهما إن وجدتا معا فى نفس المحصول . وبينما تعمل المقاومة على إبقاء الطفيل خارج النبات .. فإن القدرة على تحمل الإصابة تعمل على الحد من تأثير الطفيل على النبات بعد إصابته له .

ولمزيد من التفاصيل عن القدرة على تحمل الإصابة والتربية لتلك الخاصية .. يراجع Buddenhagen (١٩٨١) .

فرط الحساسية Hypersensitivity

تؤدى فرط الحساسية – من جانب العائل – إلى موت جميع الخلايا التى أصابها الطفيل ، وكذلك جميع الخلايا المجاورة لها بسرعة شديدة ؛ الأمر الذى يؤدى إلى عزل الطفيل ويمنع انتشاره فى بقية أجزاء النبات . تؤدى هذه الحالة إلى جعل النباتات تامة المقاومة تحت ظروف الحقل ، ولذا .. فإنها تسمى أحيانا – باسم مناعة الحقل Field Immunity .

هذا .. إلا أن مدى جدوى فرط الحساسية فى مقاومة الطفيل يتوقف على نوع الطفيل ، وطبيعة الإصابة ، وطريقة حدوثها ؛ ففى حالات الإصابات الجهازية التى تجرى بتطعيم نباتات مصابة على أخرى سليمة .. نجد أن الطعم يشكل مصدرا متجددا للطفيل ، الذى يؤدى – فى نهاية الأمر – إلى موت النباتات المطعوم عليها إن كانت ذات حساسية مفرطة لهذا الطفيل . وتظهر هذه الحالة – بوضوح – فى الإصابات الفيروسية ، حيث يظهر التحلل – بداية – فى أنسجة القمم النامية ، ثم ينتقل منها إلى بقية أجزاء النبات إلى أن يقضى عليه . ولذا .. يفضل اختبار التطعيم للكشف عن حالات فرط الحساسية فى حالات الأمراض الفيروسية .

تورث حالة فرط الحساسية – عادة – كصفة بسيطة . ومن أمثلتها حالات المقاومة

لفيروسات البطاطس A ، و X^B ، وY^c ، و X التى تتحكم فيها الجينات السائدة N_a ، و N_b ، و N_c ، و N_x على التوالى ، علمابأن فيرس البطاطس X^B هو سلالة من فيرس البطاطس X ، و فيرس البطاطس Y^c هو سلالة قليلة الأهمية من الفيرس الهام PVY .
كذلك يشترك الجينات N_x ، و N_b فى تحديد حالات فرط الحساسية لفيرس X البطاطس الذى يتوفر منه أربع مجموعات من السلالات تأخذ الأرقام ١ ، و ٢ ، و ٣ ، و ٤ ، فالنباتات الى لا تحمل أيا من الجنين السائدين تكون قابلة للإصابة بجميع السلالات ، بينما تكون النباتات الحاملة لكلا الجنين السائدين قابلة للإصابة بمجموعة السلالات رقم ٤ فقط ، وذات حساسية مفرطة لمجموعات السلالات الثلاث الأخرى .. وهكذا كما هو مبين فى جدول (٥-٢) (عن Wiersema ١٩٧٢) .

جدول (٥ - ٢) : العلاقة بين جنيات فرط الحساسية ومجموعات سلالات فيرس X البطاطس . (PVX)

الصنف	التركيب الوراثى	مجموعة السلالات(أ)			
		١	٢	٣	٤
Arran Banner	$n_x n_b$	S	S	S	S
Epicure	$N_x n_b$	R	S	R	S
Arran Victory	$n_x N_b$	R	R	S	S
Ceaigs Defiance	$N_x N_b$	R	R	R	S

(أ) : R مفرط فى الحساسية (مناعة حقلية)

S قابل للإصابة .

المقاومة القصوى Extreme Resistance

يستخدم مصطلح المقاومة القصوى (أو المناعة Immunity) - عادة - فى وصف

بعض حالات المقاومة للفيروسات ، حيث يكون النبات مقاوما لجميع سلالات الفيرس .. حتى ولو أجريت العدوى بطريقة التطعيم . ويبدو أن المقاومة القصوى هى حالة قصوى لفرط الحساسية .

لا تؤدى العدوى بطريق التطعيم للنباتات ذات المقاومة القصوى – كما ذكرنا – إلى موت النباتات ، كما يحدث بالنسبة للنباتات ذات الحساسية المفرطة ، ولكن قد تظهر بها – أحيانا بعض النقط المتحللة ، كما يمكن عزل آثار من الفيرس منها – خاصة من الجذور .

وإذا أجرى تطعيم مزدوج لنبات مصاب بفيرس ما على آخر ذى مقاومة قصوى لهذا الفيرس ، وهذا بدوره مطعم على نبات ثالث سليم ولكنه قابل للإصابة بنفس الفيرس .. فإنه يمكن عزل الفيرس من النباتين الأول والأخير ، بينما يندر عزله من القطعة الوسطية ، التى تسمح – فقط – بمرور الفيرس من خلالها دون أن يتكاثر فيها .

ومن أمثلة حالات المقاومة القصوى مقاومة البطاطس لفيرس X البطاطس التى يتحكم فيها جين واحد (X_i) ، ولفيروسى Y ، و A البطاطس اللذين يتحكم فيهما جين واحد آخر ؛ حيث نجد فى الأجيال الانعزالية أن النباتات ذات المقاومة القصوى لفيرس Y تكون ذات مقاومة قصوى لفيرس A كذلك (عن Wiersema ١٩٧٢)

المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار Durable Resistance

عرّف Johnson (١٩٨٣) المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار (المقاومة المتينة durable resistance) بأنها المقاومة التى تستمر فعالة فى حماية الصنف الحامل لها من المسبب المرضى أو الآفة مع استمرار زراعة ذلك الصنف فى بيئة مناسبة لهذا المسبب المرضى أو تلك الآفة . ولم يحدد Johnson فترة معينة يمكن بعدها اعتبار المقاومة "متينة"، بل ترك ذلك لكل حالة مرضية على حدة .

وجدير بالذكر أن المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار ليست مرادفا للمقاومة الأفقية ، وهى قد تكون بسيطة ، أو يتحكم فيها عدد قليل ، أو كبير من الجينات .

ومن أمثلة المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار Durable Resistance ما يلى :

١ – مقاومة بعض أصناف الكرنب لمرض الاصفرار (الذبول الفيوزارى) الذى يسببه الفطر Fusarium oxysporum f. sp. conglutinans ، وهى مقاومة رأسية أدخلت فى الزراعة فى بداية هذا القرن .

٢ – المقاومة الجزئية لعديد من أصناف الشعير لمرض الصدأ البنى ، الذى يسببه الفطر Puccinia hordei ، وهى مقاومة كمية اعتمد فيها إنتاج الأصناف الجديدة على استبعاد أكثر الأصناف حساسية للفطر من برنامج التربية .

٣ – مقاومة بعض أصناف القمح للفطر Septoria nordorum ، وهى مقاومة كمية .

٤ – مقاومة أصناف البطاطس التى تحمل جينات فرط الحساسية لبعض الفيروسات مثل جينات N_x ، و N_a التى تكسب النباتات مقاومة لفيروسى PVX ، و PVA على التوالى، علما بأن بعض الأصناف التى تحمل هذين الجينين تزرع منذ أكثر من مائة عام دون أن تظهر سلالات فيروسية جديدة قادرة على كسر مقاومة أى منهما .

٥ – صنف البطيخ Conqueror الذى أنتج فى عام ١٩١١ كصنف مقاوم لمرض الذبول الفيوزارى .

٦ – صنف فاصوليا الليما Hopi 5989 الذى أنتج فى عام ١٩٣٢ كصنف مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور ، وما زال على درجة عالية من المقاومة (Russell ١٩٧٨).

٧ – مقاومة الطماطم للفطر Alternaria tomato المسبب لمرض تبقع رأس المسمار : يتحكم فى هذه المقاومة جين واحد أدخل فى الأصناف التجارية منذ عام ١٩٢٦ ، ومنذ ذلك الحين لم يعد للمرض أية أهمية .

٨ – مقاومة الفطر Periconia circinata المسبب لمرض مللو Melo فى الذرة الرفيعة : اكتشفت المقاومة الرأسية للمرض فى نبات واحد من ثلاثة نباتات سليمة وجدت فى واحد من عدة حقول ظهر فيها المرض بحالة وبائية فى عام ١٩٦٢ . ويعد هذا النبات هو مصدر المقاومة للمرض فى جميع الأصناف التى أنتجت منذ ذلك الحين (Crill ١٩٧٧).

٩ – مقاومة البطاطس للفطر Synchytrium endobioticum المسبب لمرض التثالل .

١٠ – مقاومة الخيار للفطر Cercospora melonis المسبب لمرض تبقع الأوراق السركسبورى : أدخل الصنف المقاوم Butchers Disease Resister فى الزراعة فى عام ١٩٣٠ ، و نقلت مقاومته إلى الأصناف الحديثة التى استمرت فى الحفاظ على مقاومتها (Fletcher ١٩٨٤) .

١١ – مقاومة الفاصوليا للفطر Colletotrichum lindemuthianum ، التى يتحكم فيها جين واحد .

١٢ – مقاومة الخيار للفطرين Cladosporium cucmerinum ، و Corynespora cassiicola اللذين يتحكم فى كل منهما جين واحد .

١٣ – مقاومة الخيار لفيرس موزايك الخيار التى يتحكم فيها ثلاثة جينات .

١٤ – مقاومة الخس لفيرس موزايك الخس ، وهى مقاومة بسيطة .

١٥ – مقاومة البسلة للفطر Fusarium oxysporium f. pisi، و يتحكم فيها جين واحد .

١٦ – مقاومة السبانخ للفطر Peronospora spinaciae المسبب لمرض البياض الزغبى، و يتحكم فيها زوجان من الجينات ، ولفيرس موزايك الخيار ، وهى صفة بسيطة (عن Dixon ١٩٨١) .

١٧ – المقاومة التى يؤمنها الجين $Tm - 2^2$ ضد فيرس موزايك الدخان فى الطماطم.

١٨ – حالات المقاومة الأفقية ضد الندوة المتأخرة فى البطاطس (Johnson ١٩٨٣) .

١٩ – مقاومة الطماطم للفطر F. oxysporum f. lycopersici التى يتحكم فيها جين واحد سائد . ظلت هذه المقاومة فعالة فى مقاومة المرض بالرغم من ظهور سلالة جديدة من الفطر قادرة على إصابة النباتات الحاملة لجين المقاومة ، لأن انتشارها ظل محدودا .

وبالمقارنة مع حالات المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار نجد – كما قدر Bor-laug – أن متوسط عمر زراعة الصنف الجديد المقاوم لصدأ الساق فى القمح ٤ سنوات

فى المكسيك ، و٥ سنوات فى كولومبيا . ويرجع السبب فى قصر تلك الفترة إلى وجود عوائل المسبب طول العام فى تلك المناطق الاستوائية ، مما يسمح باستمرار تكاثر السلالات الجديدة العالية الضراوة عليها (Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

ولمزيد من التفاصيل عن المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار .. يراجع Lamerti وآخرون (١٩٨٣) .

مقارنة بين المقاومة البسيطة والكمية

يلخص جدول (٥ - ٣) أوجه الاختلاف بين كل من المقاومة البسيطة والكمية وتعد هذه المقارنة مدخلا للفصل التالى عن المقاومتين الرأسية والأفقية .

وجه المقارنة	المقاومة البسيطة	المقاومة الكمية
المظهر العام	تكون واضحة تماما - تظهر فى أى مرحلة من النمو ، أو على النباتات البالغة فقط .	لا تكون تامة الوضوح - تظهر عادة فى طور البادرة ولكنها تزيد مع تقدم النبات نحو النضج
طبيعة المقاومة	ترجع إلى مناعة النبات ، أو فرط حساسيته للطفيل	ترجع إلى نقص معدلات ودرجة الإصابة ، وتقدم المرض ، و تكاثر المسبب المرضى
الكفاءة	عالية الكفاءة ضد سلالات معينة من المسبب المرضى	تختلف ، ولكنها تكون ضد جميع سلالات المسبب المرضى.
الوراثة	يتحكم فيها جين واحد ذو تأثير رئيسى .	يتحكم فيها عدة جينات ذات تأثيرات صغيرة ، ولكنها متجمعة.
الثبات	عرضة للفقد الفجائى بالسلالات الجديدة من المسبب المرضى .	لاتتأثر بالتغيرات فى جينات الضراوة التى يحملها المسبب المرضى.
الأسماء الأخرى التى تعرف بها	الرأسية Vertcal	الأفقية Hortzontal
	المتخصصة السلالة Race - specific	غير المتخصصة السلالة Race - non - specific
	البادرة Seedling	النبات الناضج Mature Plant
	المفرقة Differential	النبات البالغ Aduit Plant
	البسيطة Monogenic	الحقل Field
		المتجانسة Uniform

الفصل السادس

المقاومة الرأسية والأفقية

يعد Van der Plank مؤسس هذه المدرسة الجديدة فى دراسة مشكلة التربية لمقاومة الأمراض، وله فى ذلك مؤلفان ، هما : أمراض النبات : الأوبئة والمقاومة " (١٩٦٣) ، ومقاومة الأمراض فى النباتات "(١٩٦٨و ١٩٨٤) . وقد استعان Van der Plank بنتائج الأبحاث المنشورة عن مقاومة الأمراض فى النباتات ، وبالحقائق المعروفة عن الكائنات المسببة للأمراض النباتية فى تطوير نظريته عن المقاومة الرأسية Vertical Resistance ، والمقاومة الأفقية Horizontal Resitance .

وتبعا لهذه النظرية .. فإن المقاومة تكون رأسية عندما يكون الصنف مقاوما لسلالة أو لعدد محدود من سلالات الطفيل ، بينما تكون المقاومة أفقية حينما يكون الصنف مقاوما - بنفس الدرجة - لجميع سلالات الطفيل . وتتراوح مستويات المقاومة الأفقية بين مستوى أفضل بقليل من القابلية للإصابة إلى مستوى أدنى بقليل من المقاومة الرأسية .

وقد ربط Van der Plank بين هذين النوعين من المقاومة وبين سرعة تكاثر الطفيل وانتشار المرض فى النباتات المزروعة ، وكذلك مع سرعة ظهور سلالات جديدة من الطفيل ، وفقد المقاومة . كما أسهب المؤلف فى بيان كيفية الاستفادة من كل نوع من المقاومة فى مختلف الظروف ، ووسائل تحسين كل نوع من المقاومة ، وطريقة تقييم الأصناف للمقاومة ، واستعان فى شرح نظرياته بعديد من المعادلات الرياضية .

مفهوم المقاومة الراسية والافقية

لتوضيح مفهوم طرازى المقاومة الرأسية والأفقية نأخذ - كمثال - المقاومة للفطر Phytophthora infestans المسبب لمرض الندوة المتأخرة في البطاطس ، وهو مرض يدخل ضمن تلك التي أطلق عليها Van der Plank اسم الأمراض ذات الفائدة المركبة Compund Interest Diseases (أى التي تزداد فيها سرعة انتشار الوباء بنسبة متزايدة تشبه الفائدة المركبة) كما تكثر في هذا المرض السلالات الفسيولوجية للمسبب المرضى ، وجينات المقاومة في العائل .

جينات المقاومة الراسية ونظام تسمية وتمييز سلالات المسبب المرضى

لم يكن يعرف - حتى عام ١٩٥٣ - سوى أربعة جينات رئيسية Major Genes لمقاومة الندوة المتأخرة في البطاطس ، وهى الجينات R_1 ، و R_2 ، و R_3 ، و R_4 وقد استخدمت هذه الجينات الأربعة في تمييز ١٦ سلالة من الفطر P. infestsns المسبب للمرض ، كما هو مبين في جدول (٦-١) ، حسبما اقترح Black عام ١٩٥٣ .

وتبعا لهذا النظام .. فإن أى صنف من البطاطس يكون قابلا للإصابة بجميع سلالات الفطر P. infestans عندما لا يحمل أيا من جينات R المسئولة عن المقاومة ، أى عندما يكون تركيبه الوراثى r r r r (لأن البطاطس رباعية التضاعف ، ولكن يشار إلى التركيب الوراثى الأصيل - من الآن فصاعدا - برمز أليل واحد ، أى يكون التركيب الوراثى : r) . إلا أن الأمر يختلف عند وجود جينات R المسئولة عن المقاومة . فعندما يحمل الصنف الجين R_1 .. فإنه يكون مقاوما لجميع سلالات الفطر التى لا تحمل الرقم 1 (وهو رمز جين الضراوة - فى الفطر - القادر على كسر المقاومة التى يؤمنها الجين R_1) وهى السلالات الصنف قابلا للإصابة بجميع سلالات الفطر التى تحمل الرقم ١، وهى : (1) ، و (1,2) ، و (1,3) ، و (1,4) ، و (1,2,3) ، و (1,2,4) ، و (1,3,4) ، و (1,2,3,4) .

كذلك فإنه عندما يحمل الصنف جينات المقاومة R_1 , R_3 , R_4 فإنه يكون قابلا للإصابة بجميع سلالات الفطر التى تحمل الأرقام 1 ، و 3، و 4 (وهى رموز جينات الضراوة - فى الفطر - القادرة على كسر المقاومة التى تؤمنها الجينات R_1 ، و R_3 ، و R_4 على

جدول (٦-١) : العلاقة بين جينات المقاومة (R-genes) ، وسلالات الفطر P. infestans المسبب للندوة المتأخرة فى البطاطس .

التركيب الوراثى للعائل	سلالة الفطر P. infestans															
	0	1	2	3	4	1,2	1,3	1,4	2,3	2,4	3,4	1,2,3	1,2,4	1,3,4	2,3,4	1,2,3,4
r	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
R_1	R	S	R	R	R	S	S	S	R	R	R	S	S	S	R	S
R_2	R	R	S	R	R	S	-	R	S	S	R	S	S	R	S	S
R_3	R	R	R	S	R	R	S	R	S	R	S	S	R	S	S	S
R_4	R	R	R	R	S	R	R	S	R	S	S	R	S	S	S	S
$R_1 R_2$	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	S	S	R	R	S
$R_1 R_3$	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	R	S	R	S
$R_1 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	S	R	S
$R_2 R_3$	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S	R	R	S	S
$R_2 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	S	S
$R_3 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	S	S	S
$R_1 R_2 R_3$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S
$R_1 R_2 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S
$R_1 R_3 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	S
$R_2 R_3 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
$R_1 R_2 R_3 R_4$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S

R : مقاوم Resistant ، و S = قابل للإصابة Susceptible .

التوالى) وهى السلالات (1,3,4) و (1,2,3,4) ، ولكن يكون هذا الصنف مقاوما لجميع السلالات الأخرى للفطر التى لا تحمل الأرقام (جينات الضراوة) 1 ، و 3 ، و 4 مجتمعة .

وعندما وضع هذا النظام لتحديد العلاقة بين سلالات الفطر P. infestans ، وجينات المقاومة له فى البطاطس .. لم يكن يعرف سوى أربعة جينات فقط للمقاومة ، ولكن جينات أخرى كثيرة اكتشفت بعد ذلك . فمثلا .. كان يعرف تسعة جينات لمقاومة الفطر فى عام ١٩٦٨ ، وكان هذا العدد - يسمح بتمييز ٢^٩ = ٥١٢ سلالة من الفطر . وقد أمكن بالفعل التعرف على معظم السلالات البسيطة ، وعدد من السلالات المعقدة مثل : (1,2,3,4,5,6,7,8) ، و (1,2,3,4,6,7,8,9) .

وفى عام ١٩٦٩ اكتشف جينان آخران ليصل إجمالى عدد جينات المقاومة الرأسية المعروفة آنذاك إلى أحد عشر جينا ، كان يقابلها أحد عشر جيناً للضراوة أعطيت الأرقام من ١ إلى ١١ ؛ تبعا لجين المقاومة الرأسية الذى يمكن لكل منها التغلب عليه . وقد اكتشفت سلالة معقدة من الفطر تحمل ١٠ جينات للضراوة ، وهى السلالة (1,2,3,4,5,7,8,9,10,11) .

وبينما يحمل عدد كبير من أصناف البطاطس جينا واحدا أو جينين للمقاومة الرأسية ، فإن أصنافا قليلة تحمل ثلاثة جينات أو أربعة ، ولاتوجد حاليا أية أصناف تحمل أكثر من هذا العدد من جينات المقاومة الرأسية . فمثلا .. يحمل الصنف Pentland Dell الجينات R_1 ، R_2 ، و R_3 ، ولا تصيبه سلالة الفطر (4) بأية درجة يعتد بها . وقد أدخل هذا الصنف فى الزراعة فى بريطانيا فى عام ١٩٦١ ، وظل خاليا من أية إصابة بالندوة المتأخرة حتى عام ١٩٦٧ حينما ظهرت بعض الإصابات التى أعقبها وباء شديد للمرض فى عام ١٩٦٨ ، وفى خلال هذين الموسمين .. ظهر على الصنف ما لا يقل عن ٢٣ سلالة جديدة من الفطر المسبب للمرض ، كان بعضها يحمل تسعة جينات للضراوة .

وجدير بالذكر أن معظم جينات R التى توجد فى البطاطس حُصِل عليها - على الأغلب - من النوع S. demissum السداسى التضاعف ، وهى جينات لا تتحكم إلا فى مقاومة النموات الخضرية القوية فقط لسلالات الفطر P. infestans . ذلك لأن الدرنات قد تصاب بسلالات من الفطر لا تصيب النموات الخضرية ، كما أن النموات الخضرية التى دخلت

مرحلة الشيخوخة Senescence تفقد جزءا من مقاومتها .

وبالرغم من أن هذا النظام يتميز بالمرونة التى تسمح بإضافة أية جينات جديدة للمقاومة الرأسية ، وتمييز السلالات الجديدة من الفطر .. إلا أنه يؤخذ على هذا النظام أن السلالات التى تميز فى أى وقت تكون فى واقع الأمر خليطا من عدد من السلالات التى لايمكننا تمييزها عن بعضها بما هو متاح لنا من جينات للمقاومة . فمثلا .. لم يكن ممكناً قبل اكتشاف الجين R_5 ، و R_6 تمييز أية سلالة من الفطر قادرة على كسر مقاومتها . وبذا .. فإن سلالة الفطر التى عرفت قبل اكتشاف هذين الجينين – على أنها (1,2,3,4) ربما كانت فى واقع الأمر هى هذه السلالات ، أو أياً من السلالات : (1,2,3,4,5) أو (1,2,3,4,6) أو (1,2,3,4,5,6) ، وهى سلالات أمكن تمييزها بالفعل بعد اكتشاف الجينين R6، و R6 .

ومع استمرار اكتشاف مزيد من جينات المقاومة R-genes (وهى التى يتحصل عليها من النوع S. demissum) .. أصبحت المشكلة أكثر تعقيدا، ثم ازدادت حدتها لدى اكتشاف جينات إضافية لمقاومة الفطر فى الأنواع S. stoloniferum S. bulbocastanum S. polytrichon وغيرها . وقد اقترح – لتحجيم المشكلة – قصر استخدام هذا النظام لتمييز سلالات الفطر على جينات المقاومة المتحصل عليها من S. demissum فقط ، ولكن هذا الأقتراح لم يلق قبولا لأنه ليس من المنطقى التفريق بين جينات المقاومة لنفس الفطر لمجرد اختلاف مصادرها .

وقد يكون من المفضل قصر استخدام هذا النظام على حالات الجينات القوية Strong R-genes فقط ، لأن سلالات الفطر التى تكون قادرة على كسر مقاومة هذه الجينات لاتظهر بالفعل إلا بعد اكتشاف هذه الجينات ، ونقلها إلى أصناف جديدة محسنة ، وإدخال هذه الأصناف فى الزراعة على نطاق واسع . هذا بينما وجدت سلالات من الفطر قادرة على كسر مقاومة الجينات الضعيفة Week R-genes قبل نقل هذه الجينات إلى الأصناف التجارية وإدخالها فى الزراعة . ومما يزيد من أهمية هذا الاقتراح لحسم مشكلة تعدد جينات المقاومة وتعدد سلالات الفطر أنه لا تعرف سوى ثلاثة جينات قوية فقط ؛ هى : R_1، و R_2 ، و R_3 ، أما بقية الجينات فتعد ضعيفة . وبذا فإن استخدام هذا النظام مع

الجينـات الأربعـة فقـط يسـمـح بتمـيـيـز ثـمـانى سـلالات للفـطر؛ هـى :

(0) ، و (1) ، و (2) ، و (3) ، و (1,2) ، و (1,3) ، و (2,3) ، و (1,2,3) . أمـا السـلالات الأخرى للفطر .. فإنها تعتبر ضمن أى من السلالات التالية :

السلاله (0) حينما لا تحمل أيا من الأرقام 1 ، أو 2 ، أو 3 فى تركيبها .

السلاله (1) حينما لا تحمل أيا من الرقمين 2 ، أو 3 فى تركيبها .

السلاله (2) حينما لا تحمل أيا من الرقمين 1 ، أو 3 فى تركيبها .

السلاله (3) حينما لا تحمل أيا من الرقمين 1 ، أو 2 فى تركيبها .

ويعد هذا الاقتراح – أو هذا التعديل – أفضل الخيارات المتاحة ، ليمكن اتباع هذا النظام لتقسيم سلالات الفطر بكفاءة . وإذا اكتشف مستقبلا جين قوى آخر .. فإن النظام يتسع – حينئذ – لتمييز ١٦ سلاله بعد نقل هذا الجين لأصناف جديدة ، واستخدام هذه الأصناف فى الزراعة على نطاق واسع . ومما يدعم هذا التعديل لنظام تقسيم السلالات أن كل مايهمنا عمليا – هى السلالات القادرة على كسر مقاومة الأصناف المنتشرة بالفعل فى الزراعة .

مظهر المقاومة الراسية والافقية

كما سبق أن أوضحنا .. فإن المقاومة تكون رأسية عندما يكون الصنف مقاوما لبعض سلالات الطفيل ، وتكون المقاومة أفقية عندما يكون الصنف مقاوما – بدرجة واحدة – لجميع سلالات الطفيل .

ويوضح شكل (٦ – ١) الفرق بين نوعى المقاومة بالنسبة لصنفين من البطاطس هما : Kennebec ، أو Maritta يحمل كلا الصنفين الجين R1 المسئول عن المقاومة للفطر P.infestans يكسب هذا الجين النباتات الحاملة له مقاومة ضد سلالات الفطر : (0) ، و (2) ، و (3) ، و (4) ، و (2,3) ، و(2,4) ، و (3,4) ، و (2,3,4) . يتبين ذلك فى الشكل حيث نجد أن المقاومة لهذه السلالات تامة فى كلا الصنفين .

أما بالنسبة لسلالات الفطر الأخرى (التى تحمل الرقم 1 الخاص بجين الضراوة المقابل لجين المقاومة R_1) فإن الصنفين يختلفان فى درجة مقاومتهما ، وإن كان كل منهما يحمل نفس المستوى من المقاومة لجميع هذه السلالات .. فنجد أن الصنف Kennebec يصاب –

بهذه السلالات – بدرجة أكبر من إصابة الصنف Marritta ، ويعنى ذلك أن الصنف الأخير يحمل مستوى أعلى من المقاومة الأفقية للندوة المتأخرة عن الصنف الأول .

ويوضح شكل (٦–٢) الحالة التى تكون عليها المقاومة فى الأصناف التى لا تحمل أية جينات للمقاومة الرأسية . ويتبين من الشكل أن الصنفين Katahdin , Capella (وهما لايحملان أية جينات للمقاومة الرأسية) يختلفان فى درجة مقاومتهما للندوة المتأخرة ، ولكن كلاً منهما يصاب بنفس الدرجة – أو يحمل نفس الدرجة من المقاومة لجميع سلالات الفطر .

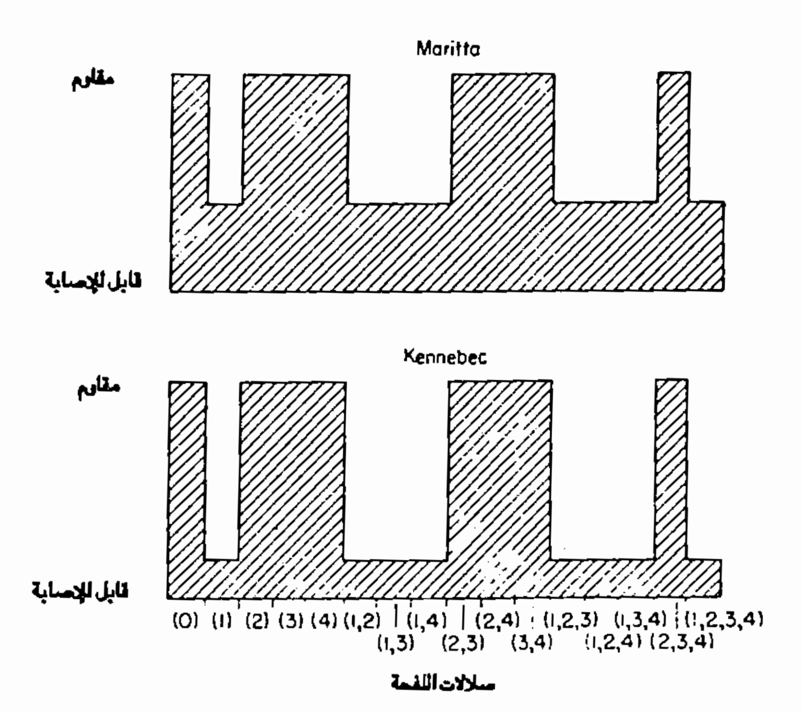
يعد الصنف Katahdin قابلا للإصابة بشدة تحت ظروف الحقل ، وإذا كان الجو مناسبا للإصابة ، ولم يكافح المرض بالرش بالمبيدات .. فإن النموات الخضرية تموت بسرعة؛ مما يدل على أن المقاومة الأفقية التى توجد بهذا الصنف منخفضة (وبالرغم من ذلك .. فهو ليس أكثر الأصناف قابلية للإصابة) .

أما الصنف Capella .. فهو كذلك لايحمل أية جينات للمقاومة الرأسية ، إلا أن مقاومته الأفقية عالية إلى درجة ربما تكون أعلى من المقاومة الأفقية التى توجد فى أى صنف تجارى آخر من البطاطس ، حيث يلاحظ أن الأصابة بالندوة المتأخرة تتقدم فى هذا الصنف ببطء شديد حتى ولو كانت الظروف الجوية مناسبة للإصابة .

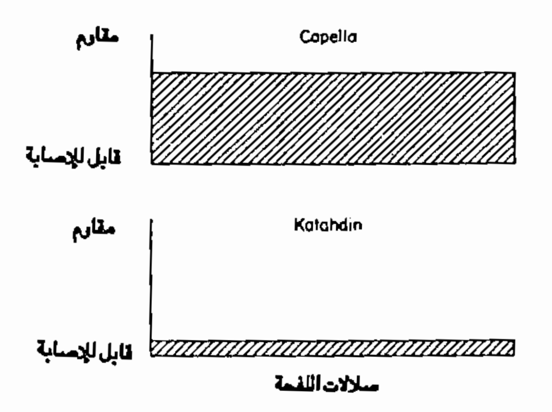
وتجدر الإشارة إلى أن أى صنف قد يخلو من المقاومة الرأسية ، إلا أنه لايعقل أن يخلو تماما من المقاومة الأفقية ، فلا توجد المقاومة الرأسية بمفردها أبدا . ولايمكن للمرء أن يتخيل انعدام المقاومة الأفقية فى صنف ما ؛ لأن ذلك يعنى أن الكائن المرضى يمكن أن تنبت جراثيمه ، ويخترق خلايا بشرة العائل ، وينمو ، وينتج جراثيم جديدة كما لو كان ناميا على بيئة صناعية .

ويبين شكل (٦–٣) مثالاً افتراضيا لمقاومة أصناف تختلف فى محتواها من المقاومة الرأسية ، وفى مستواها من المقاومة الأفقية .

وتجدر الإشارة إلى أن المقاومة الأفقية تتوفر فى النبات قبل حدوث الإصابة بالمسبب المرضى ، برغم أن تأثيرها لا يظهر إلا بعد تعرض النبات للإصابة . وعلى العكس من ذلك فإن المقاومة الرأسية لا تعمل إلا بعد التعرض للإصابة . فمثلا .. نجد فى حالة مقاومة



شكل (٦-١) : مظهر المقاومة فى صنفين من البطاطس يحملان الجين R_1 للمقاومة الرأسية ، ولكنهما يختلفان فى مستواهما من المقاومة الأفقية (يراجع المتن للتفاصيل) .



شكل (٦-٢) : مظهر المقاومة فى صنفين من البطاطس خاليان من المقاومة الرأسية ويختلفان فى مستواهما من المقاومة الأفقية .

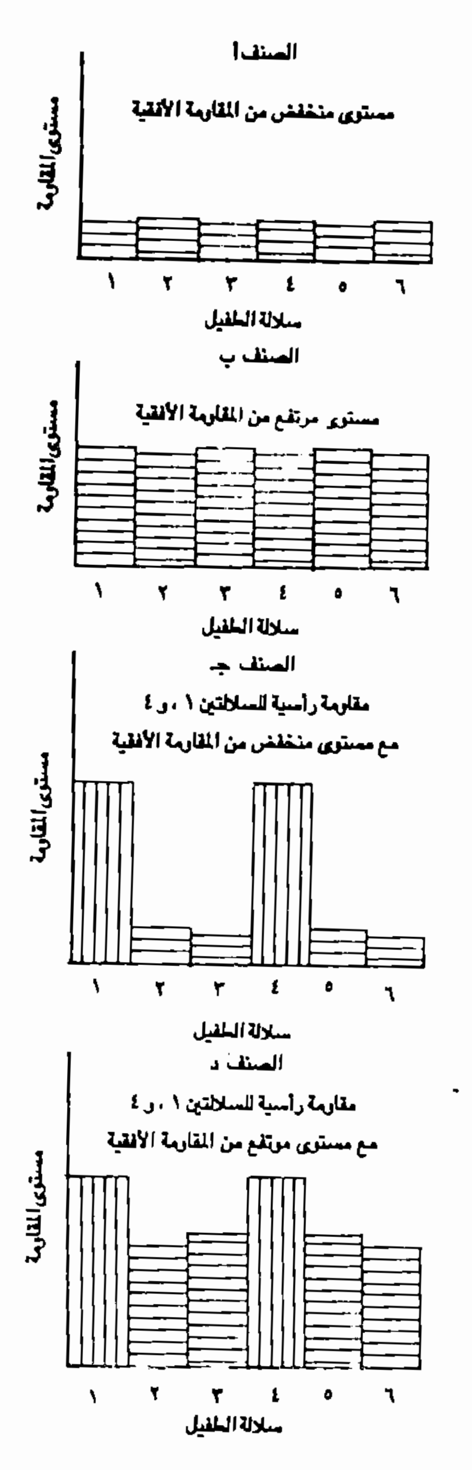
الندوة المتأخرة فى البطاطس أن جراثيم جميع سلالات الفطر المسبب للمرض تخترق أنسجة

أوراق جميع الأصناف أيا كانت مقاومتها الرأسية ، ولا يبدأ التمييز بين السلالات إلا بعد ذلك ، حيث تظهر حالات فرط الحساسية ضد سلالات الفطر التى يقاومها الصنف بجينات المقاومة الرأسية المناسبة .

وراثة وطبيعة المقاومة الأفقية

تبعا لـ Van der Plank فإن المقاومة الأفقية قد يتحكم فيها عدد محدود (Oligogenic) ، أو عدد كبير (Polygenic) من الجينات ، وهذه الجينات ليست خاصة بالمقاومة Non specialized resistance genes ، وإنما توجد طبيعيا فى النباتات السليمة ، وتتحكم فى العمليات الحيوية العادية (وبالمقارنة .. فإن المقاومة الرأسية يتحكم فيها جينات متخصصة فى المقاومة) .

أما Abdallah (Abdallah & Hermsen) ١٩٧١ .. فقد قسم المقاومة الأفقية - التى أطلق عليها اسم المقاومة المتجانسة Uniform Resistance - إلى طرازين . ترجع المقاومة الأفقية فى أحد هذين الطرازين إلى جينات غير متخصصة Non - specialized genes ، وهى جينات تتحكم أساسا فى صفات نباتية أخرى غير المقاومة ، ولكنها تسهم فى المقاومة بطريقة غير المباشرة . وينشأ هذا الطراز من المقاومة غالبا فى عشائر العائل التى توجد فى مناطق منعزلة عن تلك التى يوجد فيها الطفيل بحالة مستوطنة . أما عن الطراز الثانى .. فيتحكم فيه جينات متعددة متخصصة فى المقاومة Specialized Polygenes ولكنها لاتكون متخصصة ضد سلالات من المسبب المرضى Race - non specific . وتتحكم هذه الجينات فى تمثيل المركبات المسئولة عن اكساب العائل خاصية المقاومة . ويعتقد أن هذا الطراز من المقاومة ينشأ فى عشائر العائل التى تنمو فى المناطق التى يتواجد فيها الطفيل بحالة مستوطنة .



شكل (٦-٣) : مظهر المقاومة لأصناف افتراضية تختلف فى محتواها من المقاومة الرأسية وفى مستواها من المقاومة الأفقية .

وتعمل المقاومة الأفقية على تأخير ظهور الوباء epidemic ، وذلك من خلال تأثيرها على ما يلى :

١ - تكون النباتات أكثر مقاومة لحدوث الإصابة infection ، فمثلا .. يظهر بأوراقها عدد من البقع المرضية أقل مما يظهر على أوراق النباتات التى تحمل درجة أقل من المقاومة الأفقية ، حتى عندما يصل إلى كليهما نفس العدد من جراثيم الفطر .

٢ - يكون التجرثم Sporulation (تكوين الجراثيم) أقل كلما زادت درجة المقاومة الأفقية .

٣ - تزداد الفترة من بدء العدوى inoculation إلى بدء التجرثم كلما ازداد مستوى المقاومة الأفقية .

وكمثال على ذلك ما ذكره Russell (١٩٧٢) بخصوص مقاومة بنجر السكر للفطر Peronospora farinosa f. sp. betae المسبب لمرض البياض الزغبى التى ترجع إلى مقاومة النبات لكل مما يأتى :

١ - إنبات الجراثيم الكونيدية على سطح الأوراق .

٢ - عملية العدوى أو الحقن inoculation ذاتها .

٣ - نمو الفطر فى أنسجة الورقة .

٤ - عملية التجرثم.

هذا .. فضلا على تحمل النبات للإصابة . ويتحكم فى كل ذلك عوامل كمية .

كذلك وجد Russell أن مقاومة بنجر السكر لفيرس الاصفرار ترجع إلى ما يلى :

١ - مقاومة العائل للحشرة الناقلة للفيرس .

٢ - المقاومة لعملية الحقن بالفيرس .

٣ - قدرة العائل على تحمل الإصابة بالفيرس .

علما بأن كلاً من هذه الحالات يتحكم فيها نظام وراثى كمى أيضا .

الضراوة الكمية Aggressiveness ، والضراوة النوعية Virulence .. وراثتهما والعلاقة بينهما

تتضمن خاصية التطفل Pathogenicity كلا من مستوى ضراوة الطفيل ، أو ضراوته الكمية Aggressiveness ، وقدرة سلالاته على التغلب على جينات المقاومة ؛ فى العائل ، أو ضراوته النوعية Virulence. فجميع سلالات المسبب المرضى Pathogen تعد ممرضة Pathogenic ، سواء أكانت هذه السلالات تتفاعل مع أصناف العائل ، أم لا تتفاعل . وجدير بالذكر أن السلالات التى تختلف فى مستوى الضراوة الكمية لا تتفاعل مع أصناف العائل التى تختلف فى مستوى مقاومتها الأفقية ، بينما تتفاعل السلالات التى تختلف فى ضراوتها النوعية مع أصناف العائل التى تختلف فى مقاومتها الرأسية .

هذا .. ولايتوفر أى دليل على وجود ارتباط موجب بين الضراوة الكمية ، والضراوة النوعية ، ولكن قد يوجد ارتباط سالب بينهما ، إذ إن زيادة الضراوة النوعية قد تؤدى إلى خفض الضراوة الكمية ، ويأتى بيان ذلك فى موضع آخر من هذا الكتاب .

وعندما تكون الظروف البيئية مناسبة لزيادة شدة الإصابة بمرض ما ، فإن المرء لا يمكنه الحكم على ما إذا كان سبب هذه الزيادة هو حدوث زيادة فى مستوى الضراوة الكمية للطفيل، أم أنه نقص فى مستوى المقاومة الأفقية للعائل تحت هذه الظروف .

وتورث الضراوة النوعية عادة كصفة بسيطة monogenic ، أو كصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات Oligogenic ، بينما تورث الضراوة الكمية عادة كصفة يتحكم فيها عدد كبير من الجينات Polygenic . ومع ذلك فقد توجد حالات كمية من الضراوة النوعية – التى يتحكم فيها عدد كبير من الجينات – و لكن لم يُتَعَرَّف عليها بعد .

تأثير المقاومة الراسية والأفقية فى تقدم الأوبئة

تأثير المقاومة الراسيية

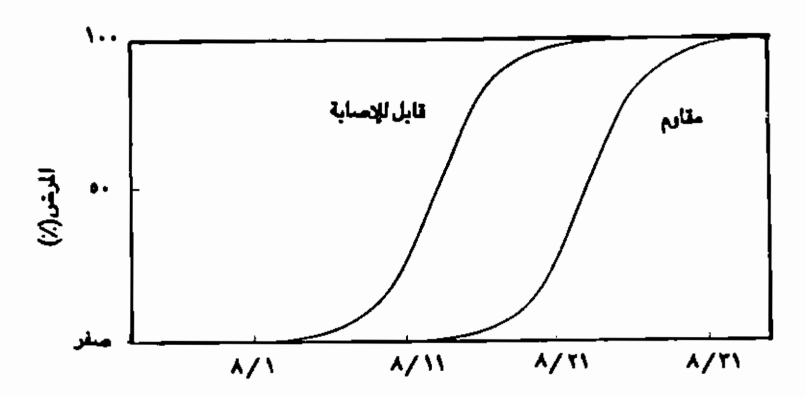
تقتصر مناقشتنا لهذا الموضوع على " الأمراض ذات الفائدة المركبة Compound Interest Diseases" التى تنتشر فيها الأوبئة بطريقة الربح المركب ، وتسببها فطريات مثل Pytopthora infestans ، و Puccinia graminis ففى أمراض

كهذه .. تؤدى المقاومة الرأسية إلى تأخير البداية الملحوظة للوباء ، لأنها تخفض كمية اللقاح Inoculum الفعالة التى يبدأ منها الوباء ، وتلك هى الفائدة الوحيدة للمقاومة الرأسية . ولنضرب - مثالا على ذلك - المقاومة للندوة المتأخرة فى البطاطس .

نفترض وجود حقلين متجاورين من البطاطس ، وينمو بأحدهما صنف لا يحمل أى جينات R للمقاومة الرأسية للندوة المتأخرة ، بينما ينمو بالآخر صنف يحمل الجين R_1 ، أى إنه يقاوم عدة سلالات من الفطر ، و هى جميع السلالات التى لاتحمل الرقم 1 مثل (0) ، و(2) ، و (3) ، و (4) ، و (3 ر 2) ...... إلخ . فإذا افترضنا أن ٩٩ ٪ من سلالات الفطر التى تصل إلى الحقل هى من هذه السلالات .. كان معنى ذلك أن ٩٩ ٪ من جراثيم الفطر لاتصيب إلا نباتات الصنف الأول الذى لايحمل الجين R_1 ، بينما الـ ١ ٪ الباقية من جراثيم الفطر التى تصل إلى الحقل تكون من سلالات مثل : (1) ، و (2 ر1) ، و(1,3) (1ر4) ، و (3 ر2 ر1) ... إلخ ، و يمكنها إصابة كلا الصنفين . فبالنسبة لهذه السلالات الأخيرة .. يتساوى الصنف الحامل للجين R_1 مع الصنف الخالى من جينات المقاومة الرأسية .

وبناء على ماتقدم .. فإن الإصابة تبدأ فى الصنف الخالى من المقاومة الرأسية بعدد من جراثيم الفطر يبلغ مائة ضعف عدد الجراثيم التى يمكن أن تصيب الصنف الحامل للجين R_1 . وبذا تكون المقاومة الرأسية قد خفضت اللقاح الأولى Initial Inoculum إلى ١٠ر٠ مما كان مقدرا أن يحدث . وهذا اللقاح الأولى هو الذى يحدث الإصابات الأولية Initial Lesions ، التى يبدأ منها الفطر فى التكاثر ، والمرض فى الانتشار فى الحقل .

يستمر معدل الزيادة فى أعداد جراثيم الفطر بعد ذلك بنفس المستوى فى كلا الصنفين: الخالى من المقاومة الرأسية ، و الحامل للجين R_1 ، ولكن نظرا لأن اللقاح الأولى يبلغ فى الصنف الحامل للجين R_1 ١٠ر٠ مما يكون فى الصنف الخالى من المقاومة الرأسية ، لذا .. فإن البداية الملحوظة للوباء يتأخر ظهورها فى الصنف الحامل للجين R_1 لفترة مساوية لتلك التى تلزم لمضاعفة اللقاح Inoculum مائة مرة . ويستفاد من ذلك أن خفض اللقاح الأولى يؤخر ظهور الوباء (شكل ٦ - ٤) .



شكل (٦–٤) : تأثير المقاومة الرأسية على تقدم الوباء المرضى .

يفترض فى شكل (٦–٤) أن اللقاح الفطرى Fungal Inoculum وصل إلى الحقل فى النصف الثانى من شهر يوليو ، إلا أن نسبة الإصابة كانت منخفضة جدا إلى درجة يصعب معها ملاحظتها فى الشكل . ففى هذا المثال .. يفترض أن النسبة المئوية لإصابة النموات الخضرية كانت ١ر٠ ٪ فى الصنف غير الحامل للمقاومة الرأسية ، و ٠٠١ر٪ فى الصنف الحامل للجين R_1 ، و تلك تقديرات تعادل – تقريبا – بقعة مرضية واحدة بكل نبات فى الصنف الخالى من المقاومة الرأسية ، و بقعة مرضية واحدة بكل ١٠٠ نبات من الصنف الحامل للجين R_1 .

تعد هذه الأرقام قريبة من الواقع بدرجة كافية ، إلا أنها منخفضة إلى درجة لاتسمح بتوضيحها على الرسم البيانى (شكل ٦–٤) . و مع تقدم المرض .. فإنه يمكن تسجيله على الرسم ابتداء من أول أغسطس بالنسبة للصنف الخالى من المقاومة الرأسية ، و بعد عشرة أيام أخرى فى الصنف الحامل للجين R_1 . أى إن المقاومة الرأسية أخرت بداية ظهور الوباء بمقدار عشرة أيام ، وهو الوقت الذى لزم لزيادة عدد أجزاء الفطر القادرة على إحداث الإصابة Infective Propagules بمقدار مائة ضعف .

ويلاحظ من شكل (٦–٤) تشابه منحنيى تقدم المرض فى الصنفين تشابها تاما ، مع استمرار تأخر منحنى الصنف الحامل للجين R_1 بمقدار ١٠ أيام . وقد افترض – توخيا للبساطة – أن معدل الإصابة Infection Rate كان ثابتا فى الصنفين . ويستفاد من ذلك أن الجين R_1 لم يبطىء من سرعة تقدم المرض بعد حدوث العدوى الأولية ، ذلك لأن السلالات

القادرة على إحداث المرض فى أى من الصنفين تنمو وتتكاثر وتتجرثم وتعاود الإصابة بنفس السرعة فى كليهما .

وتجدد الإشارة إلى أن الجين R يؤخر بدء ظهور الوباء بعدد من الأيام يتناسب عكسيا مع مدى توفر السلالات التى يمكنها إصابة الصنف الحامل لهذا الجين . فلو فرض مثلا وزرع أحد أصناف البطاطس الحاملة للجين R_1 لعدة سنوات فى نفس المنطقة .. فإن السلالات التى يمكنها إصابة هذا الصنف تصبح شائعة جدا إلى درجة أن اللقاح الأولى تزيد نسبته كثيرا عما فى المثال السابق ، وبذا .. تقل كثيرا الفترة التى يتأخر فيها بدء ظهور الوباء . و مع استمرار زراعة الأصناف الحاملة لنفس جين المقاومة الرأسية يزداد انتشار السلالات القادرة على إصابة تلك الأصناف ، وتقل كفاءة الجين بنفس المعدل إلى أن تنعدم فائدته تماما .

التأثير المتبادل للمقاومة الراسية والضراوة النوعية Virulence

افترضنا فى المثال الموضح فى شكل (٦-٤) أن ١ ٪ فقط من جراثيم الفطر كانت قادرة على إصابة الصنف الحامل للجين R_1 ، و أن معدل الإصابة Infection Rate كان بالقدر الذى يساعد على بدء ظهور الوباء بعد ١٠ أيام . لكن .. لو فرض أن نسبة الجراثيم القادرة على إصابة هذا الصنف كانت ١٠ ٪ بدلا من ١ ٪ ، و أن معدل الإصابة ظل كما هو .. فإن التأخير فى بدء ظهور الوباء سينخفض إلى ٥ أيام فقط . ولو ارتفعت نسبة الجراثيم القادرة على إصابة هذا الصنف إلى ٥٠ ٪ ، فإن التأخير فى بدء ظهور الوباء سيتقلص إلى يوم ونصف اليوم فقط . أما لو كانت جميع الجراثيم قادرة على إصابة الصنف .. فلن يحدث أى تأخير فى بداية ظهور الوباء . وبذا .. يتساوى الصنف الحامل للجين R_1 مع الصنف الخالى منه .

يستدل مما تقدم على أنه كلما ازداد انتشار السلالات القادرة على أحداث الإصابة فى الأصناف ذات المقاومة الرأسية (السلالات الـ Virulent على هذه الأصناف) قلت أهمية المقاومة الرأسية فى تأخير بداية ظهور الوباء . و فى المقابل .. فإن التوسع فى زراعة الأصناف ذات المقاومة الرأسية يعد السبب الرئيسى فى انتشار السلالات القادرة على كسر مقاومة هذه السلالات . أى إن الإقبال على زراعة صنف معين ذى مقاومة رأسية مرغوب

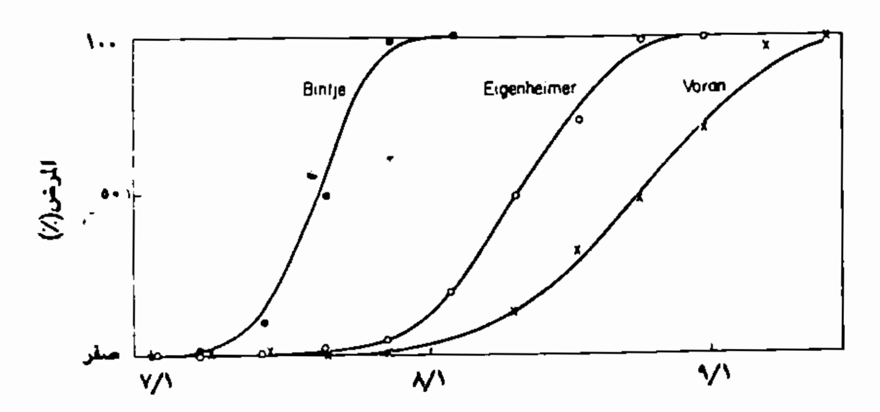
فيها يؤدى تدريجيا إلى القضاء على مقاومة هذا الصنف و جميع الأصناف الأخرى التى تحمل نفس جنيات المقاومة الرأسية .

تأثير المقاومة الأفقية

على خلاف المقاومة الرأسية .. فإن المقاومة الأفقية لا تؤخر بداية ظهور الوباء ، و لكنها تبطء تقدمه بعد أن يبدأ ، و ويتضح ذلك من المثال التالى المبين فى شكل (٦-٥) .

يظهر فى الشكل متوسطات تقدم الإصابة بالندوة المتأخرة فى ١١٧ حقلا مزروعة بثلاثة أصناف من البطاطس تتشابه في خلوها من جينات المقاومة الرأسية R- genes ، و لكنها تختلف فى مستوى مقاومتها الأفقية للمرض .. فالصنف فوران Voran يعد مقاوما ، بينما يعتبر الصنف إيجنهيمر Eigenheimer متوسط المقاومة ، و الصنف بنجى Bintje أكثرها قابلية للإصابة .

لم تستخدم المبيدات الفطرية لمقاومة المرض فى هذه الحقول ، وكما هو مبين فى الشكل .. لوحظ أن الإصابة بدأت فى جميع الأصناف فى وقت واحد هو أول شهر يوليو ، إلا أن سرعة تقدم المرض اختلفت كثيرا بين الأصناف ؛ فبينما تقدمت الإصابة بسرعة كبيرة فى الصنف بنجى وأتت على جميع النباتات فى خلال شهر واحد ، فإن تقدم الإصابة كان بطيئا جدا فى الصنف فوران ، بينما كان الصنف ايجنهيمر وسطا بينها .



شكل (٦-٥) : تأثير المقاومة الأفقية على تقدم الوباء المرضى .

كان معدل تقدم المرض منخفضا فى الصنف فوران مقارنة بالصنف بنجى ، و يرجع ذلك إلى عدة أسباب ، منها مايلى :

١ – قلة عدد الجراثيم التى تتمكن من دخول المجموع الخضرى للنبات وتكون بقعاً مرضية .

٢ – بطء تكون البقع المرضية .

٣ – احتياج الفطر إلى وقت أطول لتكوين جيل جديد من الجراثيم .

٤ – تكوّن عدد أقل من الجراثيم الجديدة .

وتجدر الإشارة إلى أن الأصناف الثلاثة – فى المثال السابق – تصاب بجميع سلالات الفطر ، و لكن الاختلاف بينها يكون فى سرعة تطور المرض وسرعة تقدم الوباء . ونظرا لأن المقاومة الأفقية تحد من إصابة النباتات ، لذا .. فإنها تحد من كمية اللقاح الذى يبقى فى الدرنات المصابة – بالتربة – إلى الموسم التالى ، أى إنها تؤخر – بطريقة غير مباشرة – من بدء ظهور الوباء فى الموسم التالى .

ولقد أثيرت بعض الاعتراضات على نظرية Van der Plank بشأن المقاومة الأفقية ، ولكنها كانت منصبة على حالات مرضية خاصة .. فقد ذكر Crill وآخرون (١٩٧٣) أن المقاومة غير ذات قيمة بالنسبة لمرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم . كما اقترح Crill & Jones (١٩٧٢) استخدام مصطلح قدرة التحمل العديدة الجينات Polygenic Tolerance بدلا من مصطلح المقاومة الأفقية ، لأن المصطلح الأول يصف – بشكل أفضل – حالات الإصابة بالذبول الفيوزارى فى أصناف مثل Rutgers و Marglobe .

التأثير المشترك للمقاومتين الرأسية والأفقية

لو فرض وكانت نسبة الجراثيم القادرة على إصابة صنف يحمل الجين R_1 هى ١ ٪ كما فى المثال المبين فى شكل (٦–٤) ، و لكن كان معدل الإصابة Infection Rate نصف المعدل المفترض فى هذا المثال .. فإن ذلك يعنى تأخر ظهور الوباء بمقدار عشرين يوماً بدلا من عشرة أيام ، و هو ما يعنى تضاعف فاعلية المقاومة الرأسية . ويستدل من ذلك أن معدلات الإصابة العالية تخفض من فاعلية المقاومة الرأسية ، بينما تزيد المعدلات المنخفضة من فاعليتها . وبرغم أن العوامل البيئية تلعب دورا كبيرا فى التأثير على معدل الإصابة ، إلا أن

المقاومة الأفقية تلعب دورا أكثر أهمية فى هذا المجال ، حيث تؤدى زيادة مستوى المقاومة الأفقية إلى خفض معدل الإصابة ، الأمر الذى يزيد من فاعلية المقاومة الرأسية .

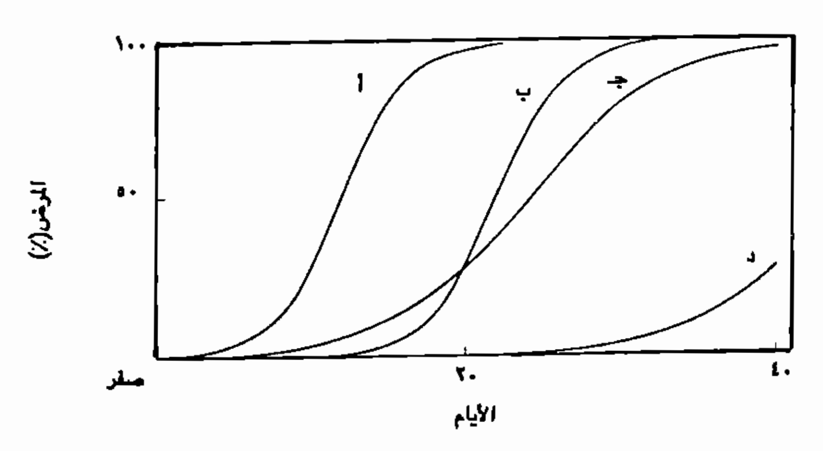
يوضح شكل (٦-٦) مثالا افتراضيا لتأثير كل من المقاومتين الرأسية والأفقية على تقدم الوباء ، حيث تظهر منحنيات تقدم المرض لأربعة أصناف (أ ، ب ، جـ ، د) كما يلى :

أ - لايحمل أية جينات للمقاومة الرأسية ، بينما يحمل مستوى منخفضا من المقاومة الأفقية .

ب - يحمل مقاومة رأسية - تكفى لتأخير بداية ظهور الوباء بمقدار عشرة أيام - كما يحمل نفس المستوى المنخفض للمقاومة الأفقية الذى يوجد فى الصنف (أ) .

جـ - لايحمل أية جينات للمقاومة الرأسية مثل الصنف (أ) ، ولكنه يحمل مستوى من المقاومة الأفقية أعلى مما فى الصنف (أ) إلى درجة تكفى لجعل معدل الإصابة Infection Rate نصف تلك التى تحدث فى الصنف (أ) .

د - يحمل مقاومة رأسية مماثلة لتلك التى يحملها الصنف (ب) ، كما يحمل مقاومة أفقية مماثلة لتلك التى يحملها الصنف (جـ) .



شكل (٦-٦) : التأثير المشترك للمقاومتين الرأسية والأفقية على تقدم الوباء المرضى .

يتضح من شكل (٦ -٦) أن منحنيات تقدم الإصابة متشابهة فى الأصناف التى تحمل نفس المستوى من المقاومة الأفقية ، فيتشابه منحنى الصنف (أ) مع (ب) ، و منحنى الصنف (جـ) مع (د) ، ولكن فى حين تأخرت بداية ظهور الوباء بمقدار ١٠ أيام فى الصنف (ب) -مقارنة بالصنف (أ) - ، وبرغم ذلك .. فإن ذلك التأخير كان بمقدار ٢٠ يوما فى الصنف (د) - مقارنة بالصنف (جـ) - ، لأن المقاومة الأفقية التى توجد فى الصنف (د) خفضت معدل الإصابة إلى النصف ، و ضاعفت الوقت الذى لزم لزيادة اللقاح Inoculnm الذى خفضته المقاومة الرأسية التى يحملها هذا الصنف .

وخلاصة القول .. فإن الجمع بين المقاومة الأفقية والمقاومة الرأسية معا فى صنف واحد يؤدى إلى جعله مقاوما بدرجة عالية .ففى المثال السابق كانت المقاومة الرأسية للصنف (د) مماثلة للمقاومة الرأسية التى يحملها الصنف (ب) ، كما كانت مقاومته الأفقية مماثلة لتلك التى يحملها الصنف (جـ) ، ومع ذلك فقد كانت إصابة الصنف (د) متأخرة إلى درجة يصعب معها حدوث أى ضرر اقتصادى .

هذا .. ويتوقف مدى التأخير فى بداية ظهور الوباء على مدى فاعلية المقاومة الرأسية ، كما يتوقف مدى التأخير فى تقدم المرض على مدى فاعلية المقاومة الأفقية ، علما بأن كليهما يتوفر منهما عدد لانهائى من المستويات . ويبين Van der Plank (١٩٦٨) الأساس الرياضى لطريقة رسم منحنى تقدم المرض فى مختلف حالات المقاومة .

التوازن بين المقاومة الراسية والضراوة النوعية Virulence

ظهور السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة الراسية

لواستعنًا بالندوة المتأخرة فى البطاطس كمثال فى هذا الشأن .. لوجدنا أنه قد حدث توازن بين كل من البطاطس Solanum tuberosum والفطر المسبب للندوة المتأخرة P. infestans منذ زمن بعيد وقبل ظهور جينات المقاومة الرأسية R-genes .

ولكن .. مع ظهور المرض بحالة وبائية ، واكتشاف جينات المقاومة الرأسية اعتقد البعض أنه سيمكن التخلص من هذا المرض إلى الأبد . وفعلا .. لم يمكن اكتشاف أية نباتات مصابة بالندوة المتأخرة فى ألمانيا لعدة سنوات بعد إدخال الأصناف الحاملة للجين R_1 فى

الزراعة فى عام ١٩٢٥ . ولكن .. بدأ فى عام ١٩٣٢ ظهور بعض حالات الإصابة بين النباتات الحاملة لهذا الجين ؛ أى إن سلالات الفطر القادرة على إصابة النباتات الحاملة للجين R_1 لم تكن موجودة أصلا عندما أدخلت النباتات الحاملة لهذا الجين فى الزراعة ، ولكنها ظهرت فى غضون نحو سبع سنوات من زراعتها . ومع استمرار زراعة هذه الأصناف .. فإنها فقدت مقاومتها تماما . وقد تكرر نفس الأمر لدى إدخال زراعة الأصناف الحاملة للجين R_1 فى دول أخرى مثل الولايات المتحدة ، و كندا ، وهولندا . كما حدث نفس الشىء لدى زراعة أصناف تحمل جينات أخرى للمقاومة الرأسية مثل R_2 ، و R_3 .

يستدل مما تقدم على أن السلالات ذات الضراوة النوعية Virulence الزائدة على الحاجة (أى القادرة على كسر المقاومة الرأسية لأصناف ليست مستخدمة فى الزراعة) لايمكنها البقاء ، وتظل نادرة الوجود - برغم القدرة الهائلة للفطريات على التطفر - ولاتظهر إلا عندما يكون الفطر فى حاجة إليها . وتدل ندرة السلالات على مدى قوة جينات المقاومة الرأسية ، حيث تعد الجينات قوية Strong كلما ازدادت ندرة السلالات القادرة على التغلب على المقاومة التى توفرها هذه الجينات ، كما تعد الجينات ضعيفة Weak حينما تكون السلالات القادرة على التغلب على المقاومة التى توفرها هذه الجينات غير نادرة .

ظاهرة الانتخاب المثبت Stabilizing Selection

يستفاد مما تقدم أن مجرد ارتفاع مستوى المقاومة الرأسية التى يحدثها جين مايدل على ندرة السلالات القادرة على كسر هذه المقاومة .. ولكن .نظرا لأن التطفر أمر سهل ، لذا .. فإن السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية القوية لاتبقى نادرة إلا إذا وجدت قوة تبقيها على هذا الوضع ، وكلما ازدادت هذه القوة .. ازدادت ندرة تلك السلالات ، وكانت المقاومة الرأسية أشد . وتعرف هذه القوة باسم الانتخاب المثبت Stabilizing Selection .

يؤدى الانتخاب المثبت إلى الإبقاء على السلالات التى لاتوجد بها ضراوة نوعية Virulence زائدة وغير ضرورية ، وهى ظاهرة شائعة فى الطبيعة ، و تفسر على أساس أن الطفرة التى تلزم لتجعل الفطر قادرا على التغلب على المقاومة التى يوفرها أحد جينات المقاومة الرأسية .. تحدث تغيرات فى النشاط البنائى للفطر ، تجعله أقل قدرة على التطفل

على النباتات التى لاتحمل هذه المقاومة الرأسية . وكلما ازداد قوة المقاومة الرأسية ازداد البعد عن النشاط البنائى الطبيعى فى السلالة القادرة على كسر هذه المقاومة ، وكانت هذه السلالة أقل قدرة على البقاء .

وتقدر قوة الجينات Strength of Genes بمدى القوة التى يعمل بها الانتخاب المثبت Stabilizing Selection ضد السلالات القادرة على كسر المقاومة التى توفرها كل من هذه الجينات فمثلا يعتبر الجين R_1 فى البطاطس من الجينات القوية ، لأن الانتخاب المثبت يكون قويا فى حقول البطاطس المزروعة بأصناف لاتحمل هذا الجين ، بينما يعتبر الجين R_4 من الجينات الضعيفة ، لأن الانتخاب المثبت يكون ضعيفا فى حقول البطاطس المزروعة بأصناف لاتحمل هذا الجين لدرجة أن سلالة الفطر التى تحمل الرقم (4) تكون قادرة على البقاء بصورة طبيعية على أصناف البطاطس غير الحاملة للجين R_4 .

ومن علامات ضعف الجين R_4 أن السلالة (4) شائعة الوجود – تماما – مثل السلالة (0) فى جميع أنحاء ، العالم برغم عدم وجود أى صنف من البطاطس يحمل الجين R_4 منفردا كذلك يتساوى انتشار السلالة (1 ,4) مع السلالة (1) ، و السلالة (4 , 2) مع السلالة (2) ، والسلالة (4 ,3 ,1,2) مع السلالة (1,2,3) ... وهكذا . كذلك وجدت سلالات قادرة على كسرالمقاومة التى توفرها أى من الجنيات من R_5 إلى R_9 قبل انتشار زراعة الأصناف الحاملة لأى من هذه الجينات ، مما يدل على ضعفها جميعا كجينات مقاومة رأسية .

ويمكن الرجوع إلى Crill (١٩٧٧) بخصوص تقييم دور الانتخاب المثبت فى تربية الأصناف الجديدة المقاومة للأمراض .

تفسير ظاهرة الانتخاب المثبت

أوضح Flor فى عام ١٩٣٥ أن الضراوة النوعية Virulence فى الفطر <u>Melampsora lini</u> المسبب لصدأ الكتان صفة متنحية . وبذا .. فإن زيادة الضراوة النوعية فى سلالة من الفطر تعنى زيادة الجينات المتنحية التى تحملها ، وماقد يترتب على ذلك من نقص فى قوة الهجين . لكن .. لايمكن الأخذ بهذا التفسير ، نظرا لأن الضراوة تكون سائدة فى حالات

أخرى ، كما تصعب مقارنة النباتات الثنائية التضاعف بالكائنات الأحادية ، مثل الهيفات الفطرية ، والبكتيريا .

وقد يمكن تفسير ظاهرة الانتخاب المثبت من خلال ظاهرة فرط الحساسية hypersen-sitivity ؛ ففي حالة مرض الندوة المتأخرة في البطاطس .. وصل الفطر والعائل إلى حالة من التوازن في الطبيعة ؛ كان من نتيجتها حدوث حالة فرط الحساسية عند احتواء العائل على أي من جينات المقاومة الرأسية R_1 ، أو R_2 ، أو R_3 . ولكن .. حـــدث – بطريق الطفرات – اختلال في النمو الطبيعي للفطر ، جعله قادرا على إصابة النباتات الحاملة لهذه الجينات دون أن تحدث حالة فرط الحساسية . وبذا .. ظهرت سلالات الفطر القادرة على كسر المقاومة التي توفرها هذه الجينات .

ومع كل زيادة في الضراوة .. كان على الفطر أن يبتعد أكثر وأكثر عن طريقته الطبيعية في النمو ؛ لكي لا تحدث ظاهرة فرط الحساسية . فإذا كان هذا التغير ذا تأثير مباشر على قدرة الفطر على التطفل .. أمكننا تفسير ضعف قدرة هذه السلالات على البقاء ، مقارنة بالسلالات الأقل ضراوة التي تكون محتفظة بهيكلها الطبيعي للتطفل .

وحتى إذا افترضنا أن الزيادة في الضراوة لا تعني أي فقد في الهيكل الطبيعي للتطفل، فإنه من المنطقي أن نتوقع أن جينات المقاومة الرأسية في العائل تؤدي إلى الإبقاء على الطفرات الجديدة من الطفيل ، التي يوجد بها تغيرات أيضية تسمح لها بتجنب ظاهرة فرط الحساسية التي تسببها جينات المقاومة الرأسية ، حيث يتعين على الطفيل أن يعيش بالطرق الأيضية المحورة في ظل وجود المقاومة الرأسية .

والسؤال الذي يتبادر إلى الذهن هنا هو : هل يمكن أن تحدث بالطفيل طفرات تتحكم في تغيرات أيضية مناسبة لبقائه في ظل وجود المقاومة الرأسية ، مع كون هذه التغيرات أكثر فاعلية لتكاثر وبقاء المسبب المرضي في الظروف الطبيعية ؟

إن جميع الشواهد تدل على أن الإجابة عن هذا التساؤل بالنفي .. فالمقاومة الرأسية تجعل الطفيل أقل قدرة على التطفل عامة ، وكلما ازدادت قوة جينات المقاومة الرأسية ازداد الانحراف عن القدرة الطبيعية على التطفل .

وقياسا على ماسبق بيانه .. فإن ظاهرة الانتخاب المثبت Stabilizing Selection تجعل الطفرات الجديدة من المسببات المرضية - الأكثر ضراوة - أقل قدرة على المعيشة رميا ، إذا ما كان لهذه الطفليات دورة رمية .

وتعد السلالتان (1) ، و (2) من الفطر Fusarium oxysporum f. lycopersici المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم مثالا للفطريات التى تقضى جزءا من دورة حياتها مترممة فى التربة ، فقد كان لنقل جين المقاومة الرأسية القوى I من L.pimpinellifolium (سلالة رقم ١٦٠) إلى الطماطم - بواسطة Bohn & Tucker فى عام ١٩٤٠ - دور فعال - فى مكافحة المرض فى جميع أنحاء العالم .

وبرغم اكتشاف سلالة الفطر رقم (2) القادرة على إصابة النباتات الحاملة للجين I - فى ولاية أوهايو الأمريكية ، بواسطة Alexander & Tucker فى عام ١٩٤٥ - إلا أن هذه السلالة مازالت أقل انتشارا بكثير من السلالة رقم (١) ، برغم مرور نحو نصف قرن على اكتشافها ، بل إنها لم تظهر بعد فى بعض الدول . ويرجع ذلك إلى قوة الجين I الذى يجعل السلالات القادرة على كسر المقاومة التى يحدثها أقل قدرة على البقاء تحت الظروف الطبيعية .

ومن الأمثلة الهامة الأخرى للمسببات المرضية - التى تقضى جزءا من دورة حياتها مترممة فى التربة - الفطر F. oxysporum f . conglutinans المسبب لمرض الاصفرار فى الكرنب . وقد اكتشف J.C. Walker أحد مصادر المقاومة لهذا المرض فى عام ١٩٢٦، وكانت هذه المقاومة قوية جدا إلى درجة أنه لم تظهر أبدا سلالات جديدة من الفطر قادرة على كسر المقاومة التى يحدثها هذا الجين .

هذا .. وكلما ازدادت قدرة الطفيل على المعيشة رميا فى الطبيعة .. كانت قوى الانتخاب المثبت المؤثرة عليه أقوى ، إذ ما الداعى لظهور سلالات جديدة قادرة على كسر المقاومة ما دام المسبب المرضى قادرا على المعيشة رميا فى الطبيعة .

وكلما ازدادت قوة جين المقاومة الرأسية كانت السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة التى تحدثها هذه الجينات أقل قدرة على المعيشة رميا فى الطبيعة ، وأقل قدرة على

التطفل على أصناف العائل التى لا تحمل هذه الجينات . وبالعكس .. فإن ضعف جينات المقاومة الرأسية يعنى أن السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة التى تحدثها هذه الجينات تكون أكثرانتشارا ، حيث تكون قادرة على المعيشة رميا بشكل جيد ، كما تحتفظ بقدرتها على التطفل على الأصناف التى تحمل جينات المقاومة الرأسية .

ويمكن أن تظهر السلالات الجديدة القادرة على كسر مقاومة الجينات القوية لو تكررت زراعة الأصناف الحاملة لنفس جينات المقاومة فى نفس قطعة الأرض فى عدة زراعات متتابعة لعدة سنوات . كذلك قد تظهر هذه السلالات على الأنوا ع القريبة المعمرة .

فترة نصف الحياة النسبية Relative Half - Life لسلالات الفطر

يعنى بفترة نصف الحياة النسبية المدة التى يتعين انقضاؤها لكى تنخفض نسبة سلالة معينة إلى سلالة أخرى – على صنف معين وتحت ظروف بيئية معينة – بمقدار النصف . فعند مقارنة سلالتين من المسبب المرضى على صنف ما نجد أن إحدى السلالتين تنقص نسبتها – دائما – مقارنة بالسلالة الأخرى . وتقدر فترة نصف الحياة النسبية بالمعادلة التالية :

$$o.693\ T = rA - rB$$

حيث إن :

T = فترة نصف الحياة النسبية للسلالة B مقارنة بالسلالة A .

rA = معدل الإصابة Infection Rate للسلالة A.

rB = معدل الإصابة للسلالة B .

o. 693 = لوغاريتم ٢ للأساس (e) .

ويشترط لتطبيق المعادلة أن يكون قياس معدل الإصابة للسلالتين على نفس العائل وتحت ظروف متماثلة تماما ، و أن تستخدم نفس وحدات الزمن لكل من r ، و T .

وسائل الاستفادة من جينات المقاومة الرأسية فى الحد من خطورة سلالات الطفيل الجديدة

يمكن استغلال جينات المقاومة الرأسية بطريقة تسمح بالتغلب على خطورة السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة التى تحدثها هذه الجينات ، أو الحد من سرعة ظهور هذه السلالات ، وذلك باتباع إحدى الوسائل التالية :

١ – إدخال عدة جينات للمقاومة الرأسية فى الصنف الواحد ، وهو الأمر المتبع حاليا بالنسبة لمقاومة صدأ الساق فى القمح فى كل من الولايات المتحدة وكندا .

٢ – نقل جينات المقاومة للأصناف التجارية فى أزواج ، لأن المسبب المرضى يزيد ضراوته خطوة بخطوة ليقابل الزيادة فى مقاومة العائل ، فلو أمكن دفع العائل خطوتين إلى الأمام فقد لايكون بإمكان الطفيل اللحاق به بسهولة

٣ – استخدام الأصناف المتعددة السلالات فى الزراعة ، و هى التى نتناولها بالتفصيل فى موضع آخر من هذا الكتاب .

التوازن بين المقاومة الأفقية والضراوة الكمية Aggressiveness

إذا افترضنا أن المقاومة الأفقية للعائل مردها إلى عدم استطاعة الأنابيب الجرثومية للطفيل اختراق أنسجة العائل .. فإن هذه المقاومة يمكن أن تواجه فى الطفيل بظهور سلالات ذات قدرة أكبر على الإنبات . ويمكن أن يتكرر نفس الأمر بالنسبة لأية خاصية أخرى من خصائص المقاومة الأفقية ؛ مثل إبطاء تكاثر المسبب المرضى ، أو الحد من قدرته على إنتاج أجيال جديدة من الجراثيم ، فتتكون سلالات جديدة ذات قدرة أكبر على التكاثر ، أو على إنتاج الجراثيم ... إلخ . أى إن زيادة المقاومة الأفقية فى العائل يمكن أن تتبعها زيادة فى الضراوة الكمية للطفيل .

وأهم ما فى الأمر أن الزيادة فى الضراوة الكمية التى تظهر فى السلالات الجديدة من الطفيل لا يقتصر أثرها – فى عملية التطفل – على الأصناف ذات المقاومة الأفقية العالية فقط ، بل يشمل كذلك جميع الأصناف الأخرى التى يقل فيها مستوى المقاومة الأفقية ، وهذا على النقيض من حالات كسر المقاومة الرأسية ؛ حيث تكون السلالات الجديدة الأكثر

ضراوة أقل قدرة على التطفل على الأصناف التى لاتحمل هذه المقاومة الرأسية .

والسؤال الذى يتبادر إلى الذهن هو : إذا كانت الزيادة فى المقاومة الأفقية فى العائل تقابلها زيادة فى الضراوة الكمية بالطفيل ، فلم لا تظهر سلالات جديدة من الطفيل على درجة عالية من الضراوة الكمية تكفى للقضاء على المقاومة الأفقية ؟

إن الإجابة المقترحة لهذا السؤال تكمن فى الطبيعة الكمية لهذه النوعية من الضراوة ، حيث يترتب على ذلك أن تكون أكثر السلالات انتشارا هى المتوسطة الضراوة .

اسس المفاضلة بين المقاومة الراسية والمقاومة الافقية

يجب أن تؤخذ الأمور التالية فى الحسبان عند المفاضلة بين المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية قبل الشروع فى برامج التربية لمقاومة الأمراض ، لأن لكل حالة نوع المقاومة الذى يناسبها كما يلى :

١ – ليس للمقاومة الرأسية أهمية أو قيمة كبيرة بالنسبة للمحاصيل المعمرة ، أو تلك التى تصعب تربيتها :

فبينما يسهل إحلال صنف ذى مقاومة رأسية Vertical Pathodeme محل آخر فى المحاصيل الحولية مثل الحبوب ، والبقوليات ، و البطاطس ، ومعظم محاصيل الخضر .. فإن ذلك يعد أمرا صعبا فى المحاصيل التى تبقى معمرة لفترة طويلة ؛ مثل الفاكهة ، وأشجار الغابات ، والقهوة ، والكاكاو .

كذلك تختلف المحاصيل فى مدى سهولة أو صعوبة تربيتها حسب درجة توفر الاختلافات الرأسية Vertical Variability بها ، فبينما تزيد الاختلافات الرأسية وتسهل تربية محصول مثل قصب السكر ، نجد أن محصولا معمرا آخر مثل الموز تقل فيه الاختلافات الرأسية وتصعب تربيته .

٢ – تكون للمقاومة الرأسية قيمة وأهمية أكبر فى حالة الأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases عما فى الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases :

تعتبر أمراض الذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيلليم ، و أعفان الجذور - وغيرها من الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة وتحدث الإصابة الطبيعية بها عن طريق الجذور - من الأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases ، بينما تعتبر الندوة المتأخرة فى البطاطس وصدأ الساق فى القمح وغيرهما من الأمراض التى تنتقل جراثيمها عن طريق الهواء ، وتحدث الإصابة الطبيعية بها عن طريق الأجزاء الهوائية للنبات من الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases .

تتميز مسببات المجموعة الأولى ببطء انتشار سلالاتها الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية للعائل (Vertical Pathotypes) بعد ظهورها ؛ فبينما يلزم مرور عشر سنوات على الأقل قبل الانتشار الوبائى لأية سلالة جديدة فى النوع الأول من الأمراض ، نجد أن السلالات الجديدة من النوع الثانى من الأمراض قد تنتشر فى قارة بأكملها فى خلال موسم زراعى واحد أو موسمين .

٣ - تقل قيمة وأهمية المقاومة الرأسية عندا استخدامها ضد المسببات المرضية السريعة التطفر :

تختلف درجة التطفر الرأسية Vertical mutability باختلاف المسببات المرضية ، حيث تكون أسرع وبمعدلات أعلى فى بعضها عما فى البعض الآخر . وتحسب درجة التطفر بعدد المرات التى يمكن أن تظهر فيها سلالات جديدة من المسبب المرضى قادرة على كسر المقاومة الرأسية (Vertical Pathotypes) فى عشيرة من المسبب المرضى ذى حجم معين خلال عدد معين من الأجيال .

وبرغم أن هذا الأمر لايمكن إجراؤه حاليا ، إلا أنه يمكن تقديره من معرفتنا بعدد السنوات التى تمر عادة بين إدخال مقاومة رأسية جديدة فى الزراعة وانهيار هذه المقاومة بسبب ظهور سلالات جديدة من المسبب المرضى قادرة على التغلب عليها .

وقد سبق أن أوضحنا أن السرعة التى تظهر بها هذه السلالات تقل كلما زادت قوة جينات المقاومة الرأسية فى العائل ، و لكن هذه السرعة تختلف أيضا باختلاف المسبب المرضى .

فنجد – مثلا – أن كل من الذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر Fusarium ، والذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا Pseudomonas solanacearum من الأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases ، إلا أن درجة التطفر الرأسية لهذه البكتيريا أعلى بكثير مما فى فطر الفيوزاريم . كذلك يعتبر الفطر P.graminis المسبب لمرض صدأ الساق فى القمح ذا درجة تطفر منخفضة نسبيا ؛ مقارنة بفطريات أخرى من تلك التى تسبب أمراضا سريعة الانتشار Compound Intereste Diseases مثل الفطر P.infestans المسبب لمرض الندوة المتأخرة فى البطاطس .

٤ – تقل قيمة وأهمية المقاومة الرأسية عادة عند زراعة مساحات شاسعة من صنف واحد على درجة عالية من التجانس الوراثى فى منطقة جغرافية واحدة :

يزداد الضغط على المسبب المرضى لظهور سلالات جديدة منه قادرة على كسر المقاومة الرأسية للعائل كلما ازدادت المساحة المزروعة بالصنف الحامل لهذه المقاومة ، وكلما ازدادت كثافة الزراعة بهذا الصنف ، وازدادت درجة تجانسه الوراثى . وتتوفر جميع هذه العوامل فى زراعات القمح المقاومة لمرض صدأ الساق .

ويستفاد من ذلك أن المقاومة الرأسية تكون فى أفضل صورها عندما تكون زراعة الصنف الحامل لجين المقاومة الرأسية فى حقول منعزلة ، لأن السلالة القادرة على إصابته لابد أن تصله من حقل آخر مزروع بنفس الصنف .

وتجدر الإشارة فى هذا المقام إلى أن المقاومة الأفقية – على خلاف المقاومة الرأسية – تكون فى أفضل صورها عند زراعة مساحات كبيرة متجاورة من الصنف المقاوم ، لأن حدوث الإصابة فى حقل ماتتوقف على وصول الفطر من الحقول الأخرى المجاورة له ، فإذا كانت هذه الحقول مزروعة كذلك بنفس المقاومة الأفقية .. فإن ذلك يؤدى إلى خفض كمية اللقاح التى تصل إلى الحقل . أما إذا وجدت المقاومة الأفقية العالية وسط حقول أخرى تقل فيها المقاومة الأفقية فإن المقاومة تكون فى أقل صورها .

٥ – تزداد قيمة وأهمية المقاومة الرأسية إذا أمكن التحكم فى الانتخاب المثبت وتوجيهه :

من المعروف أن الانتخاب المثبت Stabilizing Selection يتأثر بمدى قوة جينات

المقاومة الرأسية ، حيث يزيد كلما كانت الجنيات أكثر قوة ، وهو ما يعنى سرعة اختفاء السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية - فى غياب زراعة الأصناف المقاومة - كلما ازدادت قوة الجينات المسئولة عن هذه المقاومة .

هذا .. إلا أنه لايمكن التحكم فى الانتخاب المثبت عندما يكون المسبب المرضى قادرا على الدخول فى طور سكون لفترات طويلة ، كما فى بعض المسببات المرضية مثل الفطر <u>Synchytrium</u> <u>endobioticum</u> ، والنيماتودا المتحوصلة <u>Heterodera</u> spp. ، لأنه لا يمكن التحكم فى الانتخاب المثبت خلال فترات السكون .

٦ - بينما يلزم جين واحد قوى من جينات المقاومة الرأسية لتوجيه الانتخاب المثبت ضد الطفيليات الاختيارية ، فإنه يلزم جينان قويان - على الأقل - فى حالة الطفيليات الإجبارية :

لايظهر دور الانتخاب المثبت Stabilizing Selection فى حالة الطفيليات الإجبارية إلا عند نمو السلالات القادرة على كسر مقاومة رأسية معينة على أصناف تخلو من الجينات التى تتحكم فى تلك المقاومة ، فمثلا .. عندما تصيب السلالة (1,2,3,4) من الفطر <u>P.infestans</u> صنفا من البطاطس لا يحمل أى جينات للمقاومة الرأسية ، فإن الضراوة الزائدة فى هذه السلالة تفقد تدريجيا إلى أن تصبح كالسلالة (4) .

ويمكن استغلال ظاهرة الانتخاب المثبت وتوجيهها فى صالح المقاومة بتبادل زراعة أصناف تحمل جنيات مختلفة للمقاومة الرأسية فى حالة الطفيليات الإجبارية ، و يلزم لتحقيق ذلك جينان قويان على أقل تقدير . أما فى حالة الطفيليات الاختيارية .. فإن الانتخاب المثبت يمكن أن يحدث خلال النمو الرمى للمسبب المرضى ، وهو ما يعنى إمكان توجيه ظاهرة الانتخاب المثبت لصالح المقاومة ، حتى لو لم يتوفر سوى جين واحد قوى للمقاومة الرأسية .

٧ - لايجدى تنظيم زراعة الأصناف التى تختلف فى مقاومتها الرأسية - فى المناطق الزراعية المتجاورة - إلا بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases :

تعرف عملية تنظيم زراعة مختلف مصادر المقاومة الرأسية لنفس المرض فى المنطقة الجغرافية الواحدة باسم Pattern in Space ، وترجع أهميته إلى أن استمرار زراعة صنف معين ، أو أصناف معينة ، تحمل نفس جين المقاومة الرأسية فى نفس المنطقة بصفة دائمة – وهو مايعرف باسم Monoculture – يضع ضغطا قويا على المسبب المرضى لإنتاج سلالات جديدة قادرة على كسر هذه المقاومة الرأسية . ويمكن تجنب هذا الوضع بزراعة أصناف تختلف فى مقاومتها الرأسية متجاورة فى نفس الموسم الزراعى Pattern in Space ، أو بالتبادل فى مواسم زراعية مختلفة Pattern in Tine .

يكون لتنظيم زراعة المقاومات الرأسية المختلفة فى الموسم الزراعى الواحد دور هام بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار ، ويمكن تحقيق هذا التنظيم بإحدى طريقتين كما يلى :

أ – النمط المحصولى Crop Pattern :

وفيه تزرع سلسلة من الأصناف الحاملة لجينات مختلفة من المقاومة الرأسية فى مناطق تمتد بعرض قارات بأكملها ؛ بحيث يكون امتداد تلك المساحات الشاسعة عموديا على اتجاه تقدم وانتشار الوباء فى القارة . يؤدى ذلك إلى تأخير تقدم الوباء أثناء تقدم المسبب المرضى حيث يواجه – فى كل منطقة – بمقاومة رأسية . ويعرف مخطط التوزيع الجغرافى لجينات المقاومة الرأسية باسم " نشر جينات المقاومة " Gene Deployment .

ب – النمط النباتى Plant Pattern :

يُقصد بذلك زراعة صنف متعدد السلالات Multiline Variety فى المنطقة الجغرافية الواحدة ، وبذا .. يقاوم كل نبات سلالات الفطر غير المتوافقة معه . ويجب أن تكون جينات المقاومة الرأسية المستخدمة فى كلا النمطين الزراعيين قوية لكى يكون الانتخاب المثبت قويا .

٨ – لا يجدى تنظيم زراعة الأصناف التى تختلف فى مقاومتها الرأسية – فى المواسم الزراعية المتتالية – إلا بالنسبة للأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases:

تعرف عملية تنظيم زراعة الأصناف التى تختلف فى مقاومتها الرأسية لنفس المرض فى نفس الموقع خلال المواسم الزراعية المتتالية باسم Pattern in Time ، و هى تلعب دورا هاما بالنسبة لمقاومة الأمراض البطيئة الانتشار ، ويمكن تحقيق هذا التنظيم باتباع دورة

زراعية مناسبة تتضمن إما زراعة محاصيل مختلفة ، وإما زراعة مقاومات رأسية مختلفة فى نفس قطعة الأرض خلال سنوات الدورة .

٩ - لاتجدى المقاومة الرأسية - غالبا - فى مقاومة الأمراض التى تنتقل مع الأجزاء المستعملة فى تكاثر المحصول سواء أكانت بذورا ، أم أجزاء خضرية من النبات .

إن الفائدة الأساسية للمقاومة الرأسية - كما سبق أن أوضحنا - هى خفض اللقاح الأولى Initial Inoculum الذى يبدأ منه الوباء ؛ فإذا كان اللقاح ينتقل تلقائيا مع الأجزاء النباتية المستخدمة فى التكاثر ، فإن المقاومة الرأسية تصبح عديمة الجدوى .

وتُواجَه هذه المشكلة بالنسبة للأمراض البطيئة الانتشار - كتلك التى يحدثها الفطر S.endobioticum ، أو البكتيريا P.solanacearum - بقصر الزراعة على الدرنات المعتمدة . أما فى الأمراض السريعة الانتشار - مثل الندوة المتأخرة فى البطاطس - فإنه يكفى وجود درنة واحدة مصابة من بين كل ١٠٠٠٠٠ درنة لحدوث الوباء ، وهى درجة لا يمكن الحصول عليها فى الوقت الحاضر بالإمكانات المتاحة .

١٠ - يمكن فقدان المقاومة الرأسية بسهولة إذا كانت الحماية التى توفرها ليست كاملة :

إن الحماية التى توفرها المقاومة الرأسية ضد السلالات غير المتوافقة معها قد تكون تامة، أو غير تامة . فإذا كانت الحماية تامة وزرعت مساحات شاسعة (مليون فدان مثلا) بصنف أو مجموعة من الأصناف التى تحمل نفس جين المقاومة الرأسية .. فإن هذا لن يسمح بظهور المرض ؛ وبذا .. لا تتوفر الفرصة لظهور سلالات جديدة من المسبب المرضى متوافقة مع هذا الجين . أما إذا كانت الحماية التى توفرها المقاومة الرأسية غير تامة ، فإنه تحدث بعض الإصابات المرضية القليلة التى يترتب عليها إعطاء فرصة كبيرة لظهور سلالات جديدة متوافقة من المسبب المرضى ، وبذا .. تُفقد المقاومة بسهولة .

١١ - يكون للمقاومة الرأسية فائدة أكبر فى المناطق التى تكون المواسم الزراعية فيها مغلقة :

يقصد بالمواسم المغلقة Closed Scasons تلك التى لاتتداخل فيها المواسم المتتالية؛ حيث تفصل بينها ظروف قاسية لاتناسب الزراعة ؛ كشتاء قارس البرودة ، أو موسم جفاف

طويل . وتؤدى المواسم المغلقة إلى تقليل عشيرة المسبب المرضى ، و هو أمر عظيم الأهمية بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار فى المحاصيل الحولية .

١٢ - تزاد قيمة وأهمية المقاومة الرأسية إذا وضعت لها القوانين التى تحميها ، مع مراقبة تنفيذها بدقة :

من أمثلة القوانين التى يجب أن توضع وتنفذ لحماية المقاومة الرأسية ما يلى :

أ - منع زراعة أصناف قابلة للإصابة مع الأصناف المقاومة ، لأن هذا المنع يجبر المسبب المرضى على أن يعيش فى صورة جراثيم ساكنة فقط ، وبذا .. لاتتمكن السلالات غير المتوافقة مع المقاومة الرأسية من التكاثر ، و تقل فرصة ظهور سلالات جديدة متوافقة منها .

ب - قوانين اعتماد التقاوى .

جـ - قوانين تنظيم زراعة المقاومات الرأسية فى المكان والزمان .

د - قصر استخدام جينات المقاومة الرأسية - فى حالات الأمراض السريعة الانتشار - على الأصناف المتأخرة ، و الزراعات المتأخرة ، ذلك لأن المسبب المرضى يصل إلى تلك الزراعات من الأصناف المبكرة .. وبينما تكون زراعة هذه الأصناف فى بداية مراحل الوباء ولاتتأثر كثيرا به ، فإن الأصناف المتأخرة تنمو أثناء تقدم الوباء ، و يؤدى استخدام المقاومة الرأسية فى الزراعات المبكرة إلى ظهور السلالات المتوافقة معها ، وانتقالها إلى الزراعات المتأخرة ؛ حيث تقضى عليها .

١٣ - تزداد قيمة و أهمية المقاومة الرأسية إذا صاحبها مستوى جيد من المقاومة الأفقية :

سبق أن أوضحنا أهمية هذا الأمر فى إبطاء تقدم الأوبئة .

١٤ - يكون الضرر الناشئ عن انهيار المقاومة الرأسية المعقدة (التى يتحكم فيها عدة R-genes) أقل من الضرر الناشىء عن انهيار المقاومة الرأسية البسيطة :

إن انهيار المقاومة الرأسية المعقدة Complex Vertical Resistance يعنى ظهور سلالات جديدة من المسبب المرضى متوافقة معها ، ذات ضراوة رأسية معقدة Complex Vertical Pathotype .

ويبدو – فى حالة مسببات الأمراض السريعة الانتشار على الأقل – أن زيادة الضراوة الرأسية لسلالة ما (بزيادة عدد الـ V-genes التى تحتوى عليها السلالة) ترتبط بانخفاض مستوى الضراوة الأفقية Aggressiveness لهذه السلالة (أى قدرتها على إصابة العائل والتكاثر وإحداث الضرر) . وأكبر دليل على صحة ذلك سرعة اختفاء السلالات ذات الضراوة الرأسية المعقدة بمجرد التوقف عن زراعة الأصناف المقابلة لها الحاملة للمقاومة الرأسية المعقدة .

وجدير بالذكر أن الانخفاض فى مستوى الضراوة الأفقية لسلالة ما من المسبب المرضى يماثل تماما الزيادة فى المقاومة الأفقية للعائل . وبذا .. فإن أى انهيار للمقاومة الرأسية المعقدة يعنى تعرضها للإصابة بسلالات منخفضة الضراوة ، فيصبح العائل كما لو كان ذا مقاومة أفقية عالية (عن Robinson ١٩٧١ و ١٩٨٠) .



السلالات الفسيولوجية لمسببات الأمراض

كان Eriksson – عام ١٨٩٤ – هو أول من أوضح أن الأنواع الفطرية تحتوى على سلالات تختلف فى تطفلها ، أى فى قدرتها على إحداث المرض ؛ فقد وجد أن فطر الصدأ الأسود Puccinia graminis المعزول من نباتات القمح المصابة لم يمكنه إصابة الشوفان ، والشيلم ، وبعض النجيليات الأخرى . وتبين أن العزلات التى أخذت من مدى من العوائل كانت قادرة على إصابة عوائل معينة دون غيرها . وقد حدى ذلك بـ Eriksson إلى تقسيم النوع P. graminis إلى عدة تحت أنواع Subspecies .

وقد تبين بعد ذلك أن أنواع وتحت أنواع الفطريات تختلف فى قدرتها على إصابة أصناف وسلالات العائل الواحد . وكان Barrus عام ١٩١١ هو أول من أوضح ذلك بتمييزه لسلالتين (ألفا ، وبيتا) من الفطر Colletotrichum lindemuthianum (المسبب لمرض الأنثراكنوز) اختلفتا فى قدرتيهما على إصابة أصناف الفاصوليا . كما تبين – فيما بعد ذلك بواسطة Stakman وغيره وجود عدد كبير من السلالات الفسيولوجية ضمن كل من تحت أنواع P. graminis التى حددها Eriksson .

وتعرف السلالات الفسيولوجية Physiological Races بأنها مجاميع من الفطريات أو البكتيريا تنتمى إلى نفس النوع ، وتتشابه مورفولوجيا وفسيولوجيا ، ولكنها تتميز بتباين قدراتها على إحداث الإصابة فى أصناف النوع النباتى (العائل) الواحد (عن Dixon ١٩٨٤) .

إن طفرات المسببات المرضية التى تكون قادرة على إصابة الأصناف الحاملة لجينات معينة من جينات المقاومة الرأسية تتولد وتتواجد – بصورة طبيعية – على جميع النباتات سواء أكانت حاملة لتلك الجينات ، أم غير حاملة لها ، ولكنها تظل مختفية إن كان تواجدها فى حقول غير مقاومة لها ، وتظهر – ويمكن ملاحظتها – إن وجدت هذه الطفرات أو نسلها على صنف مقاوم لها . ولذا .. فإن معدل العثور على طفرات كهذه فى الطبيعة يكون منخفضاً بالنسبة لمعدل ظهورها تحت ظروف المختبر .

ومن وجهة نظر الطفيل .. فإن الطفرات الطبيعية التى تؤدى إلى زيادة الضراوة تعنى فاقدا له ؛ لأن ظهورها على الأصناف غير القابلة للإصابة يعنى ضعفاً فى قدرتها على البقاء على تلك الأصناف .

وعموما .. فإن جينات المقاومة الرأسية التى تكون السلالات القادرة على التغلب عليها متواجدة من قبل إدخال هذه الجينات فى أصناف تجارية هى جينات ضعيفة ، ومن أمثلتها الجينات :$R4$ ، و R_5 ، وR_{11} ، (Van der Plank ١٩٨٢) .

نشأة السلالات الفسيولوجية

تحتوى السلالات الفسيولوجية الجديدة على جينات جديدة للضراوة تكون قادرة على كسر جينات المقاومة التى تتوفر فى الأصناف التجارية المزروعة . إلا أن أية سلالة جديدة قد تكون – فى واقع الأمر – خليطا من عديد من التباينات الوراثية للمسبب المرضى ؛ فيما يتعلق بالصفات المورفولوجية ، والفسيولوجية ، وربما كذلك فى صفات الضراوة الخاصة بعوائل أخرى تحتوى على جينات أخرى للمقاومة .. إلا أنها تشترك جميعاً فى جين الضراوة المسئول عن كسر مقاومة جين المقاومة فى العائل . ونتناول – فيما يلى – كيفية نشأة السلالات الفسيولوجية فى مختلف المسببات المرضية .

أولا: الفطريات

تنشأ السلالات الفسيولوجية الجديدة من الفطريات بالوسائل التالية :

١ – الطفرات الجسمية

تعد الطفرات الجسمية Somatic Mutations أكثر الطرق التى تظهر بها السلالات الفسيولوجية الجديدة فى الفطريات ، ذلك لأن احتمال حدوث طفرة فى الجين المسئول عن الضراوة هو احتمال كبير - مهما انخفضت نسبة حدوثه - بالقياس بالأعداد الفلكية لخلايا الفطر - التى يمكن أن تحدث فيها الطفرة - فى أية منطقة جغرافية . وتتوقف قدرة أى طفرة من هذا القبيل - على البقاء - على مدى تأثير هذه الطفرة على العمليات الأيضية الطبيعية للفطر ، وعلى قدرة السلالة الحاملة لها على منافسة السلالات الأخرى ؛ الأمر الذى يتوقف على مدى التوافق - أو عدم التوافق - بين كل منها والأصناف المنتشرة فى الزراعة. وجدير بالذكر أن طفرات الضراوة تتراكم واحدة تلو الأخرى فى نفس العزلة الفطرية ، مما يؤدى إلى ظهور سلالات معقدة Complex Races .

تختلف نسبة حدوث الطفرات باختلاف الفطريات وباختلاف الجينات نفسها (كما فى النباتات الراقية) . كما تختلف الطفرات فى أشكالها المورفولوجية ، وفى نموها ، وضراوتها ، وشدة إحداثها للإصابة aggressiveness . وقد تمكن Flor من إنتاج طفرات من الفطر Melampsora lini المسبب لمرض صدأ الكتان بتعريض جراثيم الفطر اليوريدية لأشعة X ، أو للأشعة فوق البنفسجية .

وإذا حدثت الطفرة فى طور ثنائى التضاعف (٢ ن) ، أو ثنائى النواة dicaryotic (ن + ن) فإنها لا تظهر إلا إذا كانت سائدة . ولذا .. تبقى طفرات الزيادة فى الضراوة مستترة ؛ لأن معظمها متنح إلا فى الحالات التالية :

أ - عندما تحدث نفس الطفرة فى النواة الأخرى بالـ dicaryon ، وذلك احتمال ضئيل للغاية .

ب - بعد مرور الفطر خلال مراحل التكاثر الجنسى واتحاد نواتين بهما نفس العامل المتنحى معاً .

جـ - عندما تجتمع نواتان بهما نفس الطفرة فى dicaryon جديد .

وفيما يتعلق بأعداد الطفرات التى يمكن ظهورها فى أى حقل .. فهى كثيرة للغاية ، ويتضح ذلك من المثالين التاليين :

أ – الفطر Erysiphe graminis hordei المسبب لمرض البياض الدقيقى فى الشعير :

يُقدّر عدد البقع المرضية بنحو ١٠^٩ بقعة / هكتار ، تنتج كل منها ١٠^٤ جرثومة كونيدية يومياً . فإذا كانت المساحة المزروعة بالشعير (فى الولايات المتحدة فى عام ١٩٧٥) ٣.٥ × ١٠^٦ هكتاراً ، وكان معدل حدوث الطفرات ١٠^-٧ .. فإن ذلك يعنى أن الفطر ينتج ٣.٥ × ١٠^١٢ طفرة يومياً فى الولايات المتحدة ، و ٣.٥ × ١٠^٥ طفرة مزدوجة .

ب – الفطر Puccinia recondita فى القمح :

إذا كانت ١ ٪ من المساحة الورقية للقمح مغطاة ببثرات يوريدية ناضجة تنتج كل منها ٣٠٠ جرثومة من كل ملليمتر مربع يوميا .. فإن عدد الجراثيم اليوريدية التى تنتج يوميا بكل هكتار يصبح ١٠^١١ جرثومة . فإذا كان معدل حدوث الطفرات لموقع جينى معين هو واحد فى المليون .. فإن ذلك يعنى ظهور ١٠٠ ألف طفرة يومياً فى كل هكتار من القمح (عن Van der Plank ١٩٨٢) .

٢ – التكاثر الجنسى والانعزالات الوراثية

لا يعد التكاثر الجنسى ضروريا فى الفطريات لكى تظهر سلالات فسيولوجية جديدة ، ولكنه يعمل – فى حالة وجوده – على ظهور انعزالات جديدة للجينات عند الانقسام الاختزالى من خلال التوزيع الاعتباطى للكروموسومات ، والعبور الكروموسومى . ومع أن ذلك لا يؤدى إلى ظهور جينات جديدة للضراوة ، إلا أنه يسمح بتكوين طرز جديدة من المسبب المرضى تحتوى على توافيق جديدة من جينات الضراوة ، والجينات التى تجعلها أكثر قدرة على البقاء .

٣ – حالة تعدد الأنوية المختلفة وراثياً

يوجد بكل فطر من ١ – ٣ حالات لأعداد الهيئات الكروموسومية ، حسب نوع الفطر ، وهذه الحالات هى :

أ – الحالة الأحادية Haploid (ن) :

توجد الحالة الأحادية للكروموسومات فى خلايا عديد من الفطريات ، وفى أنواع كثيرة

من الجراثيم ، مثل الجراثيم الكونيدية .

ب - الحالة الثنائية Diploid (٢ ن) :

توجد الحالة الثنائية بعد تزاوج نواتين أحاديتين . ويطلق على اتحاد خليتين جنسيتين - تحتوى كل منهما على نواة واحدة أو أكثر - اسم Plasmogamy ، كما يطلق على عملية اتحاد النوايا اسم Caryogamy . ويتطلب الرجوع إلى الحالة الأحادية عملية الانقسام الاختزالى .

جـ - حالة تعدد الأنوية Karyotic (ن + ن) :

يطلق على الحالة التى توجد فيها نواتان أحاديتان غير مندمجتين فى نفس الخلية اسم dikaryotic ، لأن الكروموسومات توجد فى صورة (ن + ن) . ولو وجد أليل سائد فى إحدى النواتين ، ونظيره المتنحى فى النواة الأخرى فإن الأليل السائد هو الذى يظهر تأثيره.

وتقضى الفطريات المتطفلة معظم دورة حياتها بين الطور الأحادى (ن) ، والطور الـ dicaryotic (ن + ن) ، مع فترة قصيرة بينهما فى الطور الثنائى (٢ ن) .

وعندما تتحد الخلايا الأحادية لتكوين الـ dikaryon فإن الميسيليوم الجديد إما أن يطلق عليه اسم homothallic إذا كانت الخليتان من نفس الميسيليوم ، وإما أن يسمى heterothallic إذا كانت الخليتان من ميسيليومات مختلفة ذات أنواع تناسلية مختلفة . وكانBlakeslee - فى عام ١٩٠٤ - هو أول من اكتشف ظاهرة الـ heterothallism .

يطلق على الخلية التى تحتوى على نواتين أو أكثر مختلفة وراثياً اسم Heterokaryon، ولهذه الظاهرة دور كبير فى ظهور السلالات الجديدة من فطريات الأصداء والتفحمات .

٤ - الانعزالات الجسمية للجينات

تتكون أنوية ثنائية (٢ ن) أحيانا فى الخلايا الفطرية المتعددة الأنوية المختلفة وراثياً heterokaryons باندماج نواتين معاً . ويتبع ذلك - أحياناً - حدوث انعزالات فى هذه الأنوية عند انقسامها ميتوزيا ، نتيجة لما يعرف باسم العبور

الميتوزى Mitotic Crossing Over ، الذى يتبعه الرجوع إلى الحالة الأحادية . وتظهر هذه الانعزالات الجديدة عندما تتكون الجراثيم الكونيدية – وهى غير جنسية – من واحدة من الخلايا المختلفة وراثياً . وقد أطلق Pontecorvo على هذه الظاهرة اسم الدورة خارج الجسمية Parasexual Cycle ، أو Parasexuality .

٥ – التغيرات الوراثية غير النووية

يوجد عديد من الأمثلة على الوراثة السيتوبلازمية لصفات هامة فى الفطريات ، مثل معدل النمو والضراوة . فمثلا .. تعود ضراوة الفطر P.graminis f. sp. avenae المسبب لمرض صدأ الساق فى الشوفان إلى الجين E الذى يورث سيتوبلازميا ، كذلك ترجع ضراوة إحدى سلالات الفطر P. graminis f. sp. tritici على صنف القمح Marquis إلى عامل سيتوبلازمى لا ينتقل إلا عن طريق هيفات الفطر التى تحتوى على السيتوبلازم (عن Dixon ١٩٧٨ ، Manners ١٩٨٢) .

ثانياً: البكتيريا

تعتبر الطفرات أهم مصدر للاختلافات الوراثية فى البكتيريا ، بما فى ذلك ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة الأكثر ضراوة . ونظرا لأن الخلايا البكتيرية أحادية ، لذا .. فإن الطفرات المتكونة تظهر فى الحال . كما تظهر التباينات الجديدة أيضا عن طريق الانعزالات الوراثية التى تحدث بعد اندماج Conjugation خليتين بكتيريتين مختلفتين وراثيا وانتقال المحتوى الكروموسومى – أو جزء منه – من إحدى الخليتين إلى الخلية الأخرى . كذلك تستطيع البكتيريا إنتاج تراكيب وراثية جديدة من خلال ظاهرتى الـ transformation ، والـ transduction ، والتى تتطلب وجود فيروسات بكتيرية bacteriophage لحدوثها .

ثالثاً: الفيروسات

تعد الطفرات الوسيلة الوحيدة التى تظهر بها التباينات الوراثية الجديدة فى الفيروسات. وبالنظر إلى أن الفيروسات توجد بأعداد فلكية فى النباتات ، لذا .. فإنه يتوقع ظهور أعداد كبيرة من الطفرات فى النبات الواحد ، مهما كانت معدلات ظهور الطفرات منخفضة .

وتتعرض الفيروسات النباتية لنقص ، أو لزيادة فى ضراوتها عندما يحقن بها عائل معين لعدة مرات متتالية ؛ لأن العائل يحفز استمرار تكاثر سلالة معينة دون غيرها ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ – انخفاض ضراوة فيرس تجعد قمة البنجر بعد مروره عدة مرات فى Chenopodium murale .

٢ – زيادة ضراوة فيرس إكس البطاطس PVX بعد مروره عدة مرات فى شجرة الطماطم Cyphomandra betacea .

وفى حالات كهذه .. تكون السلالات المختلفة فى شدة ضراوتها متواجدة معاً منذ البداية، ولكن العائل يشجع على تكاثر إحداها على حساب الأخريات (عن Smith ١٩٧٧) .

نظم ترقيم أو ترميز السلالات الفسيولوجية

تتباين الطرق المتبعة لإعطاء الرموز ، أو الأرقام لتمييز السلالات الفسيولوجية عن بعضها البعض كما يلى :

١ – تأخذ سلالات فطريات الذبول الفيوزارى أرقاماً متتابعة .. فمثلاً تعرف السلالات : ١ ، ٢ ، ٣ من الفطر Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici ، وتعرف ١٢ سلالة – تأخذ الأرقام من ١ إلى ١٢ – من الفطر F. oxysporum f.sp. pisi .

٢ – يرمز لسلالات الفطر Phytopthora infestans المسبب لمرض الندوة المتأخرة فى البطاطس بأرقام مركبة مثل : 1 ، و 1,2 ، و 1,2,3 ، و 1,2,3,4 ... الخ .

٣ – يرمز لسلالات الفطر Colletotrichum Lindemuthianum المسبب لمرض الأنثراكنوز فى الفاصوليا بالحروف اليونانية ألفا α ، وبيتا β ، وجاما γ إلى تو τ .

٤ – تأخذ سلالات الفطر Uromyces phaseoli فى الفاصوليا رموزاً يتكون كل منها من أحرف وأرقام .

٥ – كانت أول محاولة للابتعاد عن هذه الطرق فى إعطاء الرموز للسلالات الفسيولوجية

استخدام ما يعرف باسم النظام الثنائى Binary System فى الفطر Plasmodiophora brassicae المسبب لمرض تدرن الجذور فى الصليبيات ، والذى يعرف منه أكثر من ٣٠ سلالة .

ويفيد هذا النظام – بصفة خاصة – فى توضيح العلاقة بين العوائل المقاومة والسلالات الفسيولوجية القادرة على إصابتها ، وفيه يأخذ كل عائل مفرق differential host رقما هو ($٢^{ن}$) ، أما السلالة فتعطى رقماً هو مجموع أرقام العوائل التى تصيبها . فمثلا إذا كانت السلالة قادرة على إصابة العوائل المفرقة $٢^{٢}$ ، $٢^{٤}$ .. فإنها تعطى الرقم $٢^{٢}$ + $٢^{٤}$ = ٤ + ١٦ = ٢٠ . ونظراً لأن أى أس للرقم ٢ هو رقم أكبر من مجموع كل الأسس السابقة لنفس الرقم ، لذا .. فإن رقم السلالة يبين بجلاء العوائل التى تصيبها . ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذا النظام فى Dixon (١٩٨١) .

نظرية الجين للجين Gene for Gene Theory

تنص هذه النظرية على أن كل جين – فى العائل – يتحكم فى استجابته للمسبب المرضى ، يقابله جين آخر – فى المسبب المرضى – يتحكم فى قدرته على إصابة العائل . ولا يمكن التعرف على أى جين فى العائل ، أو فى المسبب المرضى إلا فى وجود الجين المناظر له .

ويعد Flor هو مؤسس هذه النظرية التى توصل إليها فى عام ١٩٤٢ من دراساته على المقاومة للفطر Melampsora lini المسبب لصدأ الكتان (Flor ١٩٧١) ، ونأخذ – كمثال لشرح النظرية – دراساته على وراثة المقاومة لسلالتى الفطر رقمى ٢٢ ، و٢٤ فى صنفى الكتان Ottawa ، و Bombay ، وضراوة هاتين السلالتين على نفس الصنفين عند تهجين السلالتين معاً (جدولا ٧–١ ، و ٧–٢) . توضح النتائج بجلاء أن جينين سائدين يتحكمان فى المقاومة فى العائل ، وأن جينين متنحيين يتحكمان فى الضراوة فى المسبب المرضى كمايلى :

جدول (٧-١) : وراثة المقاومة للسلالتين ٢٢ ، و ٢٤ من الفطر Melampsora lini فى صنفين من الكتان .

سلالة الفطر	صنف الكتان Ottawa (LLnn)	صنف الكتان Bombay (llNN)	الجيل الأول للصنفين (LlNn)	الجيل الثانى للصنفين (L-N-)	(L-nn)	(llN-)	(llnn)
٢٢ (vLvl VNVN)	يصاب	مقاوم	مقاوم	مقاوم	يصاب	مقاوم	يصاب
٢٤ (VLVL vNvN)	مقاوم	يصاب	مقاوم	مقاوم	مقاوم	يصاب	يصاب
نسب الانعزالات المشاهدة فى الجيل الثانى				١١٠	٣٢	٤٥	٩
نسب الانعزالات المتوقعة فى الجيل الثانى (٩ : ٣ : ٣ : ١)				١٠٩	٣٦	٣٦	١٢

جدول (٧-٢) : وراثة ضراوة سلالتى الفطر Melampsora lini رقما ٢٢ ، ٢٤ على صنفين من الكتان (عن Manners ١٩٨٢) .

صنف الكتان	سلالة الفطر ٢٢ (vLvLVNVN)	سلالة الفطر ٢٤ (VLVLvNvN)	الجيل الأول للسلالتين (VLvLVNvN)	الجيل الثانى للسلالتين (VL-VN-)	(vLvLVN-)	(VL-vNvN)	(vLvlvNvN)
Ottawa (LLnn)	يصاب	مقاوم	مقاوم	مقاوم	يصاب	مقاوم	يصاب
Bombay (llNN)	مقاوم	يصاب	مقاوم	مقاوم	مقاوم	يصاب	يصاب
نسب الانعزالات المشاهدة فى الجيل الثانى				٧٨	٢٧	٢٣	٥
نسب الانعزالات المتوقعة فى الجيل الثانى (٩ : ٣ : ٣ : ١)				٧٥	٢٥	٢٥	٨

يلاحظ فى جدولى (٧-١) ، (٧-٢) أن L ، و N يمثلان آليلى المقاومة السائدين فى العائل ، بينما يمثل l ، و n الآليلين المتنحيين للقابلية للإصابة ، كما يمثل vL ، و vN الآليلين المتنحيين للضراوة Virulence فى الفطر، بينما يمثل VL، و VN الآليلين المتنحيين

الخاصين بعدم القدرة على إحداث الإصابة Avirulence فى الفطر .

ففى الصنف Ottawa يوجد الجين L الذى يكسب الصنف مقاومة ضد سلالة الفطر رقم ٢٤ ، إلا أن هذا الجين ليس فعالاً ضد سلالة الفطر رقم ٢٢ . أما الصنف Bombay فإنه يحمل الجين الذى يكسبه مقاومة ضد سلالة الفطر رقم ٢٢ ، ولكنه ليس فعالاً ضد سلالة الفطر رقم ٢٤ .

ومن جانب الفطر .. فإن السلالة رقم ٢٢ تحمل الجين vL الذى يكسبها القدرة على إصابة الصنف Ottawa ، بينما تحمل السلالة رقم ٢٤ الجين vN الذى يكسبها القدرة على إصابة الصنف Bombay . وفى كل حالة كانت نسبة الانعزالات فى الجيل الثانى قريبة مما هو متوقع على أساس انعزال زوجين من الجينات المستقلة ، مما يدل على أن L ، و N كانا مستقلين فى العائل ، و VL ، و VN كانا مستقلين فى الفطر . وجدير بالذكر أن نسبة الانعزالات فى الجيل الثانى لتلقيح سلالتى الفطر (جدول ٧ - ٢) كانت مماثلة لمايحدث فى الكائنات الثنائية التضاعف ؛ لأن كل مزرعة كانت ثنائية الأنوية Dikaryon ، ونشأت من إخصاب Pycnium (Day ١٩٧٤) .

وقد أوضحت الدراسات الأولى التى أجراها Flor أن المقاومة لصدأ الكتان يتحكم فيها ٢٥ آليلاً فى خمسة مواقع جينية كما يلى :

الموقع	عدد آليلات المقاومة	الآليلات السائدة	آليل القابلية للإصابة
K	١	K	k
L	١١	L إلى L10	l
M	٦	M إلى M5	m
N	٣	N إلى N2	n
P	٤	P إلى P3	p

وتجدر الإشارة إلى أن أى صنف ثنائى التضاعف لايمكن أن يكون أصيلاً فى أكثر من خمسة أزواج من جينات المقاومة .

وبناء على نتائج دراسات Flor .. فقد اقترح أن جينات الضراوة - فى المسبب المرضى - تكون دائما متنحية ، إلا أن الدراسات اللاحقة على مسببات مرضية أخرى أوضحت أن الضراوة يمكن أن تكون أحياناً سائدة . وعندما يكون المسبب المرضى أحاديا فى طوره المتطفل - كما فى معظم الفطريات الزقية على سبيل المثال - فإن السيادة والتنحى لايمكن ظهورهما .

وقد وجد أن نظرية الجين للجين تنطبق على عديد من الحالات المرضية التى تتباين مسبباتها ما بين الفطريات ، والبكتيريا ، والفيروسات ، والنيماتودا ، والحشرات ، والنباتات المتطفلة (جدول ٧-٣) .

وأغلب الحالات التى تنطبق عليها النظرية تكون فيها المقاومة بسيطة ، أو يتحكم فيها عدد محدود من الجينات ، ولكن توجد حالات قليلة ذات مقاومة كمية .

ونتناول بالشرح - فيما يلى - عدداً من الحالات الأخرى التى تنطبق عليها نظرية الجين للجين غير المقاومة للصدأ فى الكتان ، من خلال دراستنا للعوائل المفرقة واستخدامها فى تمييز السلالات الفسيولوجية .

ولمزيد من التفاصيل عن التفاعل بين العائل والطفيل فى الأمراض النباتية .. يراجع Gallegly (١٩٦٨) ، Day (١٩٧٤) ، Van der Plank (١٩٨٤) .

استخدام العوائل المفرقة فى تمييز السلالات الفسيولوجية

يتم التعرف على السلالات الفسيولوجية باستخدام العوائل المفرقة Ditferential Hosts ، وأفضل مجموعات العوائل المفرقة هى التى يحمل كل واحد من أفرادها جيناً واحداً للمقاومة ، حتى لايُخفى فعل الجين جيناً أو جينات أخرى . ويلزم للتعرف على ($٢^{ن}$) سلالة فسيولوجية من المسبب المرضى مجموعة تضم (ن) من العوائل المفرقة التى يحتوى كل منها على جين مختلف للمقاومة ؛ ويعنى ذلك أن الأمر يتطلب دراسة عدد (ن) من كل من جينات المقاومة فى العائل ، ونفس العدد من جينات الضراوة فى المسبب المرضى .

جدول (٧-٣) : بعض الحالات المرضية التى تتمشى مع نظرية الجين للجين .

العائل	المرض		الفطر المسبب للمرض
القمح	البياض الدقيقى	Powdery mildew	rysiphe graminis f. sp. tritici
القمح	صدأ الساق الأسود	Black stem rust	uccinia graminis f. sp. tritici
القمح	الصدأ البنى	Borwn rust	uccinia recondita
القمح	الصدأ الأصفر	Yellow rust	uccinia striiformis
القمح	التفحم السائب	Loose smut	stilago tritici
القمح	التفحم النتن	Bunt (stinking	lletia caries
القمح	التفحم المتقزم	smut)	lletia contraversa
القمح	التفحم المغطى	Dwarf bunt	lletia foetida
الشعير	البياض الدقيقى	Common bunt	rysiphe graminis f. sp. hordei
الشعير	التفحم المغطى	Powery mildew	stilago hordei
الشوفان	صدأ الساق الأسود	Covered smut	uccinia graminis f. sp. avenae
الشوفان	التفحم السائب	Black stem rust	stilago avenae
الذرة	الصدأ	Loose smut	uccinia sorghi
البطاطس	التبرقش الخفيف	Rust	otato virus X
البطاطس	الندوة المتأخرة	Mild mosaic	hytophthora infestans
البطاطس	الثآليل	Late blight	ychytrium endobioticum
الطماطم		Wart	obacco mosaic virus
الطماطم	الذبول المتبقع		omato spotted wilt virus
الطماطم	تلطخ الأوراق	Spotted wilt	ulvia fulva
الخس	البياض الزغبى	Leaf mould	remia lactucae
التفاح	الجرب	Downy mildew	enturia inaequalis
الكتان	الصدأ	Scab	elampsora lini
البن	الصدأ	Rust	emileia vastatrix
دوار الشمس	الصدأ	Rust	uccinia helianthi
فول الصويا	عفن الجذور والساق	Rust	hytophthora megasperma f. sp. glycin-
القطن	الندوة البكتيرية	Root and stem rot	a
الفاصوليا	الصدأ	Bacterial blight	anthomonas malvacearum
الطماطم	موزايك الدخان	Rust	romyces phaseoli

وفيما يلى نذكر بعض الأمثلة عن استخدام العوائل المفرقة فى تمييز السلالات الفسيولوجية للمسببات المرضية .

١ – المقاومة لمرض الصدأ الأصفر فى القمح :

يسبب الفطر Puccinia striformis مرض الصدأ الأصفر فى القمح ، الذى تعرف له تسعة أصناف مفرقة يحتوى كل منها على عامل (جين) مختلف للمقاومة (جدول ٧–٤) .

جدول (٧–٤) : عوامل المقاومة للفطر Puccinia striforis (المسبب لمرض الصدأ الأصفر فى القمح) فى الأصناف المفرقة .

عامل المقاومة	الجين	الصنف المفرق
1	1	Chinese 116
2	2	Heine VII
3	3a + 4a	Vilmorin 23
4	3b + 4b	Hybrid 46
5	5	Triticum spelta album
6	6	Heines kolbein
7	7	Lee
8	8	Compair
9	9	Riebesl 47/51

وتبعاً لنظرية الجين للجين فإن قدرة الطفيل على إصابة صنف ما تتوقف على احتوائه على عامل (جين) للضراوة يقابل أى عامل (جين) للمقاومة فى العائل ، ويكون موجها ضده . فأى صنف يحمل عامل المقاومة R_1 لايصاب إلا بسلالة – أو سلالات – الفطر التى تحمل عامل الضراوة (جدول ٧–٥) .

جدول (٧-٥) : علاقة الجين بالجين فى أصناف القمح والفطر <u>Puccinia striformis</u> المسبب لمرض الصدأ الأصفر (عن Parry ١٩٩٠) .

أصناف القمح	عوامل R	السلالات المفترضة للفطر وعوامل V										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1,2,3,4,6	1,2,3,4,5,6,7,8,9
أصناف مفرقة												
Chinese 166	1	S	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
Heine VII	2	R	S	R	R	R	R	R	R	R	S	S
Vilmorin 23	3	R	R	S	R	R	R	R	R	R	S	S
Hybrid 46	4	R	R	R	S	R	R	R	R	R	S	S
<u>Triticum spelta album</u>	5	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	S
Heines Kolben	6	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S
Lee	7	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S
Compair	8	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S
Riebesel 47/51	9	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	S
أصناف أخرى												
Galahad	1	S	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
Brock	7	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S
Slejpner	9	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	S
Norman	2.6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
Fenman	1,2,4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
Longbow	1,2,6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S

وبذا .. يمكن تحديد عوامل المقاومة التى يحملها أى صنف جديد من القمح . فمثلاً .. يتضح من الجدول أن الصنف Galahd قابل للإصابة بسلالات الفطر A ، و J ، و K التى تحتوى جميعها على عامل الضراوة V_1 ، وبذا .. فإن هذا الصنف لابد أن يكون حاملاً

لعامل المقاومة R1 . أما الصنف الذى يحمل عدة عوامل للمقاومة .. فإنه لايصاب إلا بالسلالة (أو السلالات) التى تحتوى على عوامل الضراوة المقابلة لجميع عوامل المقاومة به. وبسبب انتشار زراعة الأصناف التى يحمل كل منها عدة عوامل للمقاومةنجد أن سلالات الفطر التى تنتشر على نطاق واسع هى التى تحمل كل منها عدة عوامل للضراوة مثل السلالة J ، بينما يقل كثيراً انتشار السلالات التى تحمل عاملاً واحداً للضراوة مثل السلالات A إلى I .

أما السلالات الفائقة Super races - مثل السلالة K - فإنه يقل انتشارها كذلك نظرا لحملها لعديد من عوامل الضراوة التى لا تعد ضرورية لإصابة عديد من الأصناف الأخرى التى تنتشر فى الزراعة .

٢ - المقاومة لمرض التفحم المغطى فى القمح :

تستخدم ثلاثة أصناف للتفريق بين ثمانى سلالات من الفطر Tilletia cares المسبب لمرض التفحم Bunt كما فى جدول (٧-٦) .

جدول (٧-٦) : استخدام الأصناف المفرقة فى التمييز بين سلالات الفطر Tilletia cares المسبب لمرض التفحم Bunt فى القمح .

الصنف	الاستجابة لسلالة الفطر رقم [١] :							
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
Martin	R	R	R	S	R	S	S	S
Selection 403	R	R	S	R	S	R	S	S
Tukey	R	S	R	R	S	S	R	S

(١) S = قابل للإصابة ، و R = مقاوم .

٣ - المقاومة لمرض البياض الزغبى فى الخس :

يعد مرض البياض الزغبى فى الخس الذى يسببه الفطر Bremia lactucae من

البارزة على سرعة ظهور سلالات الفطر الفسيولوجية القادرة على كسر المقاومة ، وعلى نظرية الجين للجين ؛ فما أن ينتج المربى صنفاً جديداً مقاوماً من الخس وتنتشر زراعته على نطاق واسع ، إلا وينتج الفطر - فى أربع سنوات - سلالة جديدة قادرة على كسر مقاومة ذلك الصنف ، وبذا .. تعددت الأصناف المقاومة ، وتعددت سلالات الفطر التى اكتشفت فى مناطق مختلفة من العالم دون دراية بحقيقة العلاقة بينها ، مما أدى إلى اختلاط الأمور . وظل هذا الوضع قائماً إلى أن أجريت دراسات مفصلة لاختبار آليلية جينات المقاومة ، ومدى القرابة بين سلالات الفطر ، والعلاقة بين العائل والطفيل .

وتبعاً لـ Ryder (١٩٨٦) .. فقد أنتج أكثر من ١٢٠ صنفاً من الخس ذات مقاومة متخصصة (رأسية) لسلالات معينة من البياض الزغبى خلال الفترة من ١٩٢٥ إلى ١٩٨٥. كما ذكر Ilott وآخرون (١٩٨٨) وجود نحو ١٣ جيناً سائداً لمقاومة البياض الزغبى فى الخس ، بالإضافة إلى جينات أخرى لم يمكن التعرف عليها وتحديد علاقتها بالجينات الأخرى بعد . ويبين جدول (٧-٧) العلاقة بين جينات المقاومة (Dm) فى العائل وجينات الضراوة فى الفطر .

جدول (٧-٧) : عوامل الضراوة Virulence القادرة على التغلب على المقاومة التى توفرها مختلف جينات المقاومة (Dm) فى بعض أصناف الخس الأمريكية (عن Ryder ١٩٨٦) .

جين المقاومة (Dm)	الأصناف الحاملة له	سلالات الفطر (جينات الضراوة) التى : لايمكنها إحداث الإصابة	سلالات الفطر (جينات الضراوة) التى : يمكنها إحداث الإصابة
صفر	Empire , Ithaca, White Boston	لا توجد	جميعها
٥	Valmaine	١ - ٤ ، ٦ - ١١	٥
٦	Grand Rapids	١ - ٥ ، ٧ - ١١	٦
٧	Vanguard 75 , Mesa 659	١ - ٦ ، ٨ - ١١	٧
٨	Valverde, Valrio, Valtemp	١ - ٧ ، ٩ - ١١	٨
٧ + ٨	Salinas, Calmar, Montemar	١ - ٦ ، ٩ - ١١	٧ + ٨

٤ – المقاومة لفيرس موزايك الدخان فى الخس :

يوضح جدول (٧–٨) التفاعل بين السلالات المعروفة من فيرس تبرقش الدخان مع الجينات المعروفة لمقاومة الفيرس فى الطماطم . وتعد هذه الحالة مثالاً لاختلاف التفاعل باختلاف التركيب الوراثى للعائل من حيث كونه أصيلاً ، أم خليطاً فى جينات المقاومة .

جدول (٧ – ٨) : التفاعل بين سلالة فيرس موزايك الدخان (TMV) ، والتركيب الوراثى الخاص بجينات المقاومة للفيرس فى الطماطم (عن Stevens & Rick ١٩٨٦) .

سلالة الفيرس	Tm-1/+	Tm-1/ Tm-1	Tm-2/+	Tm-2/ Tm-2	$Tm\text{-}2^2/+$	$Tm\text{-}2^2/$ $Tm\text{-}2^2$	Tm-1/+, Tm-2/+	Tm-1/+ $Tm\text{-}2/Tm\text{-}2^2$
0	T	T	R*	R	R*	R	R	R
0Y	T	T	R*	R	R*	R	R	R
1	S	S	R*	R	R*	R	R*	R
2	T	T	S	S	R*	R	R	R
1.2	S	S	S	S	R*	R	S	R*

T : تفاعل تحمُّل الإصابة ، حيث تظهر أعراض موزايك خفيفة ، مع عدم تأثر النمو أو تأثره قليلاً .

S : تفاعل القابلية للإصابة العادى .

R : تفاعل المقاومة العادى ، حيث لا تظهر أية أعراض مرضية .

R* : تفاعل المقاومة ، ولكن قد تحدث فرط حساسية جهازية (تحلل جهازى) ضارة بالنبات .

التمييز بين أنواع وسلالات نيماتودا تعقد الجذور

يعرف نحو ٥٠ نوعاً من نيماتودا تعقد الجذور .Meloidogyne spp ، لكن ٩٩ ٪ من عينات نيماتودا تعقد الجذور التى جمعت من مختلف أنحاء العالم كانت من ٤ أنواع رئيسية هى :

Meloidogyne incognita
M.javanica
M.arenaria
M.hapla

تنتشر الأنواع الثلاثة الأولى فى المناطق الحارة التى يكون معدل درجة الحرارة القصوى فيها ٣٦°م أو أقل ، بينما يوجد النوع الرابع فى المناطق الباردة التى يصل فيها انخفاض درجة الحرارة إلى ١٥°م تحت الصفر ، لكنها لا تنتشر إلاّ فى المناطق التى يكون معدل درجة الحرارة القصوى فيها ٢٧°م أو أقل ، وهى التى تبعد عن خط الاستواء بأكثر من ٣٥° شمالاً ، أو جنوباً .

وبدراسة ٦٦٢ عينة من نيماتودا تعقد الجذور من مختلف أنحاء العالم وجد أنها كانت موزعة على الأنواع والسلالات المختلفة كما يلى (عن Taylor وآخرين ١٩٨٢) .

النوع	السلالة	النسبة	
M. incognita		٤٦.٦٨	
	غير محددة السلالة		٤.٢٣
	١		٣٢.١٨
	٢		٤.٥٣
	٣		٤.٨٣
	٤		٠.٩١
M. javanica		٣٩.٧٣	
M. arenaria		٦.٦٥	
	١		٠.٣٠
	٢		٦.٣٤
Ml. hapla		٦.١٩	
M. exigua		٠.٤٥	
M. chitwoodi		٠.١٥	
M. oryzae		٠.١٥	

وتميز سلالات النيماتودا بستة عوائل مفرقة كما هو مبين فى جدول (٧ - ٩) . وتجدر الإشارة إلى أن سلالات النيماتودا تميز باستعمال أنواع محصولية مختلفة ، وليس باستخدام أصناف مختلفة لمحصول واحد ، كما فى حالات السلالات الفسيولوجية من

الفطريات والبكتيريا . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Taylor & Sasser (١٩٧٨) ، Hadisoeganda & Sasser (١٩٨١).

ولمزيد من التفاصيل عن وراثة التفاعل بين النبات والنيماتودا المرضة له بصورة عامة .. يراجع Sidhu & Webster (١٩٨١) .

جدول (٧ – ٩) : التمييز بين سلالات وأنواع الجنس Meloidogyne باستخدام العوائل المفرقة (عن Taylor وآخرين ١٩٨٢) .

نوع النيماتودا والسلالة	الاستجابة للنيماتودا فى الأنواع المحصولية (أ ، ب)					
	القطن	الدخان	الفلفل	البطيخ	الفول السودانى	الطماطم
M. incognita						
سلالة ١	R	R	S	S	R	S
سلالة ٢	R	S	S	S	R	S
سلالة ٣	S	R	S	S	R	S
سلالة ٤	S	S	S	S	R	S
M. javanica	R	S	R/S	S	R	S
M. arenaria						
سلالة ١	R	S	S	S	S	S
سلالة ٢	R	S	R/S	S	R	S
M. hapla	R	S	S	R	S	S

(أ) أعطيت شدة الإصابة درجات على مقياس من صفر إلى ٥ ، واعتبرت شدة إصابة صفر ، ١ ، ٢ مقاومة (R) ، و ٣ ، و ٤ ، و ٥ قابلة للإصابة (S) . أما R/S فتعنى أن أيا من الحالتين ممكنة .

(ب) استخدمت الأصناف التالية من مختلف المحاصيل :

المحصول	الصنف
القطن	Deltapine 16
الدخان	NC 95
الفلفل	California Wonder
البطيخ	Charleston Gray
الفول السودانى	Florunner
الطماطم	Rutgers

الطرق المتبعة فى التربية لمقاومة الأمراض

الطرق العامة للتربية

لا تختلف الطرق العامة المتبعة فى التربية لمقاومة الأمراض عن تلك المتبعة فى التربية لأى هدف آخر من الأهداف التى يضعها المربى فى اعتباره لتحسين المحصول كماً ونوعاً ، وجعله أكثر مقاومة للآفات الهامة ، وأكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية . وللتفاصيل الخاصة بطرق التربية المتبعة فى هذا الشأن .. يراجع أحد المراجع المتخصصة مثل : Allard (١٩٦٠) ، و Briggs & Knowles (١٩٦٧) ، وحسن (١٩٩١) . ونقدم – فيما يلى – عرضاً موجزاً لأهم الطرق العامة لتربية النبات التى تناسب التربية لمقاومة الأمراض .

١ – انتخاب السلالة النقية Pure Line Selection :

إن السلالة النقية هى نسل نبات واحد ذاتى التلقيح ، وتكون جميع نباتاتها أصيلة تماما homozygous فى جميع عواملها الوراثية ، ومتجانسة تماما highly homogenous فيما بينها ، أى متماثلة تماماً فى تركيبها الوراثى . وبذا .. فإن النبات المنتخب يعطى سلالة نقية صادقة التربية True Breeding يمكن أن تكون أساساً لصنف جديد . ولا تتبع هذه الطريقة إلا مع النباتات الذاتية التلقيح .

٢ – انتخاب النسب Pedigree Selection :

تعتمد طريقة انتخاب النسب على إجراء تلقيح بين صنفين تجاريين أو أكثر بهدف تجميع عدد من الصفات المرغوبة فى صنف جديد . تنتخب النباتات المرغوبة خلال الأجيال الانعزالية ، ويكون الانتخاب على أساس النباتات الفردية فى البداية ، ثم على أساس العائلات ، فالسلالات الجيدة مع تقدم برنامج التربية ، مع الاحتفاظ بسجلات للنسب فى جميع الأجيال ليمكن تتبع ومقارنة صفات النباتات المنتخبة خلال الأجيال السائدة . وتتبع هذه الطريقة مع كل من النباتات الذاتية ، والنباتات الخلطية التلقيح التى لا تتدهور بالتربية الداخلية كالقرعيات .

٣ – انتخاب التجميع Bulk Population Breeding :

تتبع هذه الطريقة مع النباتات الذاتية التلقيح – خاصة البذرية منها كالحبوب والبقوليات – وتجرى فيها كافة التلقيحات اللازمة بين عدد من الأصناف التجارية أو سلالات التربية المتقدمة بغرض جمع صفات مرغوبة منها فى صنف واحد جديد . تترك النباتات المنعزلة – من الجيل الثانى إلى الجيل السادس – لتنمو متجمعة In Bulk ، حيث تتعرض خلال هذه الفترة للانتخاب الطبيعى فيزداد المعدل النسبى لتكاثر النباتات الأكثر قدرة على البقاء ، بما فى ذلك النباتات المقاومة للأمراض المتوطنة . ومع وصول العشيرة إلى الجيل السادس تكون جميع نباتاتها أصيلة وراثياً ، وبذا .. تكون النباتات المنتحية منها صادقة التربية .

٤ – التحدر من بذرة واحدة Single Seed Descent :

تجرى التلقيحات المناسبة كما فى طريقة انتخاب التجميع ، وتحصد بذرة واحدة من كل نبات فى الجيل الثانى ، لزراعة الجيل الثالث ، ويكرر ذلك حتى الجيل السادس حيث تكون النباتات قد أصبحت أصيلة وراثياً . يجرى الانتخاب ابتداء من الجيل السادس ، حيث تكون النباتات المنتخبة صادقة التربية . ولا تتبع هذه الطريقة إلا مع النباتات الذاتية التلقيح بطبيعتها .

٥ – الانتخاب الإجمالى Mass Selection :

تتبع هذه الطريقة مع كل من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح بهدف تحسين

الأصناف القديمة – غير المحسنة – التى تنتشر زراعتها . ويتم التحسين بإحدى وسيلتين :

أ – استبعاد النباتات غير المرغوبة من العشيرة قبل إزهارها ، وحصاد البذور من النباتات المتبقية .

ب – تعليم النباتات المرغوبة وحصاد بذورها منفردة ، مع أهمية تمييز تلك النباتات – فى حالة المحاصيل الخلطية التلقيح – قبل الإزهار ، وحتمية إخضاعها للتلقيح الذاتى الصناعى. تخلط بذور النباتات المنتخبة .

تكرر دورات التربية كما سبق إلى أن يتوقف التقدم مع الانتخاب .

٦ – التهجين الرجعى Backcross Method :

تعتبر طريقة التهجين الرجعى أهم طرق تربية النباتات ، خاصة فيما يتعلق بالتربية لمقاومة الأمراض ، لأن المقاومة غالباً ما يعثر عليها فى أصناف بلدية غير محسنة ، أو سلالات برية من المحصول المزروع ، أو فى أنواع برية قريبة منه ، وليس هناك من سبيل لنقل صفة المقاومة لصنف تجارى مرغوب – من مصادر كهذه – إلا باتباع طريقة التهجين الرجعى . كما تتبع هذه الطريقة عند الرغبة فى تجميع مزيد من الصفات المرغوبة – والتى قد توجد موزعة فى أصناف محسنة مختلفة – فى صنف ناجح ، وعند إنتاج السلالات المكونة للأصناف المتعددة السلالات . تجرى نحو ستة إلى ثمانية تلقيحات رجعية إلى الصنف الذى يُراد نقل صفة المقاومة إليه – الذى يعرف بالأب الرجعى Recurrent Parent – وبعدها يكون قد تم نقل الصفة المرغوبة إلى الصنف الناجح مع احتفاظه ببقية صفاته التى جعلت منه صنفاً ناجحاً . تناسب هذه الطريقة كلا من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح ، ولكن مع ضرورة تأمين شروط خاصة فى الحالة الأخيرة .

٧ – الأصناف الهجين Hybrid Varieties :

تنتج الأصناف الهجين بالتلقيح بين أبوين بينهما قدرة عالية على التآلف ، وهى تنتج فى كل من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح . ويمكن باتباع هذه الطريقة جمع صفات المقاومة لعدة أمراض من آباء مختلفة إن كانت تلك الصفات سائدة .

٨ – التربية بالطفرات Mutation Breeding :

تتبع هذه الطريقة مع كل من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح والخضرية التكاثر، ولكنها أكثر مناسبة للنباتات الذاتية التلقيح ، وتعد بديلاً لطريقة التهجين الرجعي بالنسبة للنباتات الخضرية التكاثر . تعامل الأصناف أو السلالات المحسنة التى يراد إحداث الطفرات المرغوبة فيها بأحد العوامل المطفرة Mutagenec Agents ، سواء أكانت كيميائية مثل مركب Ethyl Methane Sulphonate ، أم أشعة مؤينة مثل أشعة جاما وأشعة × ، ثم تنتخب الطفرات المرغوبة وتقيم فى الأجيال التالية للمعاملة .

الوسائل التى يستفاد منها فى تحقيق أهداف التربية

يستفاد من الوسائل التالية فى إنجاز أهداف التربية ، بما فى ذلك التربية لمقاومة الأمراض :

١ – التضاعف Polyploidy :

يستفاد من مضاعفة عدد الكروموسومات فى الحصول على نباتات طبيعية من مزارع حبوب اللقاح ومزارع البيضات ، وفى الحصول على نباتات متضاعفة هجينياً ، ونباتات ذاتية التضاعف ، سواء أكانت ثلاثية ، أم رباعية ، أم خلاف ذلك من مستويات التضاعف . ويستخدم الكولشيسين فى إحداث التضاعف .

٢ – الهجن النوعية Interspecific Hybrids :

نادراً ما تكون الهجن النوعية غاية فى حد ذاتها ، وإنما تكون غالباً وسيلة لنقل صفة مرغوب فيها من نوع نباتى إلى آخر ، وتعد المقاومة للأمراض أهم الصفات التى تجرى لأجلها الهجن النوعية .

وللتفاصيل الخاصة بهذا الموضوع ومصادر المقاومة للأمراض فى الأنواع البرية .. يراجع Leppik (١٩٧٠) ، Knott & Dovrak (١٩٧٦) .

٣ – مزارع الأنسجة Tissue Culture :

يستفاد من مختلف أنواع مزارع الأنسجة فى تحقيق أهداف برامج التربية . وتعد

مزارع البروتوبلازم من أهم الوسائل المستخدمة لنقل الصفات المرغوب فيها من نوع نباتى إلى آخر دونما حاجة إلى إجراء الهجن الجنسية . (Earle & Gracen ١٩٨١) .

الطرق الخاصة بالتربية لمقاومة الأمراض

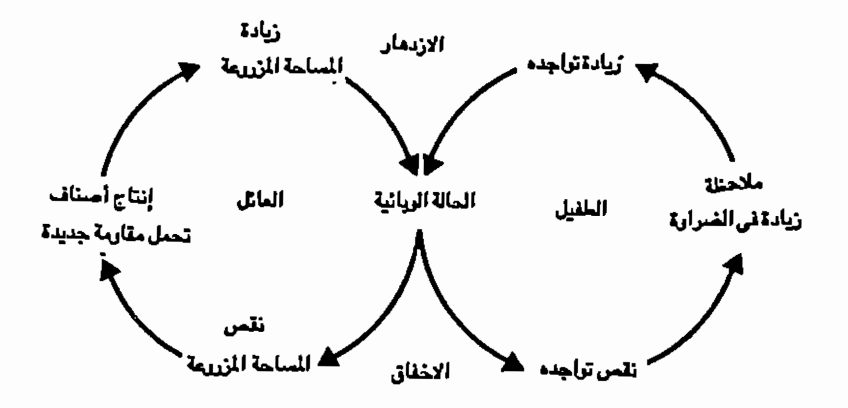
صممت طرق خاصة بالتربية لمقاومة الأمراض لمواجهة مشكلة السلالات الفسيولوجية الجديدة التى تؤدى إلى فقدان المقاومة بسرعة ، فيما يعرف بدورة الازدهار والإخفاق .

دورة الازدهار والاخفاق للأصناف المقاومة

تصف دورة الازدهار والإخفاق The Boom and Bust Cycle – وهى التى اقترحها Priesley عام ١٩٧٨ (عن Parry ١٩٩٠) – حالة ازدهار زراعة الأصناف الجديدة التى تحمل جينات المقاومة الرأسية للأمراض بسبب الإقبال على زراعتها ، ثم ما يعقب ذلك من إخفاق شديد لتلك الأصناف والتوقف عن زراعتها بسبب ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة القادرة على إصابتها .

يوضح شكل (٨ –١) هذه الدورة ، التى تشمل كلا من الصنف الجديد ذى المقاومة الرأسية ، والسلالة الفسيولوجية الجديدة القادرة على إصابته . فما أن يتم إنتاج صنف جديد مقاوم لمرض ما إلا ويتلقفه المزاعون ويتوسعون فى زراعته ، ويكون ذلك سبباً فى سرعة تدهوره ، حيث يكون المسبب المرضى سلالة جديدة تحمل جينا جديداً للضراوة يقابل جين المقاومة ويجعلها قادرة على إصابة الصنف الجديد .

ومع استمرار زراعة هذا الصنف على نطاق واسع .. يزداد تكاثر وازدهار السلالة الجديدة بصورة وبائية إلى أن تقضى على الصنف المستخدم فى الزراعة ، مما يؤدى إلى إخفاقه ، فيقل – بالتالى – الإقبال على زراعته ، ويقل معه انتشار تلك السلالة (لأنها – فى غياب الصنف – تحتوى على جين زائد للضراوة يمثل عبئاً على عمليات الأيض الطبيعية لهذا المسبب المرضى ، مما يجعل السلالة أقل قدرة على البقاء من السلالات الأخرى لنفس المسبب المرضى) . ومن الطبيعى أن يعمل المربى على إدخال أصناف جذيدة مقاومة فى الزراعة ؛ لتمر بنفس دورة الازدهار والتدهور من جديد .



شكل (٨-١) : دورة الازدهار ، والاخفاق للأصناف الجديدة المقاومة للأمراض من المحاصيل الزراعية .

ومن المؤسف أن إنتاج الصنف الجديد المقاوم يستغرق من المربى عشر سنوات ، أو أكثر ، ولكن ازدهاره ربما لايدوم أكثر من سنتين . ولا يعنى ذلك أن المسبب المرضى يحتاج إلى سنتين لتربية سلالة جديدة تحمل جين الضراوة القادر على إصابة هذا الصنف .. فهذا الجين يظهر - غالباً - خلال الموسم الأول لزراعة الصنف الجديد ، ولكن يلزم - بعد ذلك - انقضاء فترة كافية لتكاثر هذه السلالة وانتشارها على نطاق واسع فى منطقة زراعة الصنف الجديد . ولعل من أبرز الأمثلة على ذلك صنف القمح الإنجليزى Stetson الذى انتشرت زراعته على نطاق واسع فى عام ١٩٨٢ ؛ لمقاومته لفطر Puccinia striformis المسبب لمرض الصدأ الأصفر ، ولكن ظهرت سلالة جديدة من الفطر قادرة على كسر المقاومة الرأسية للصنف فى نفس الموسم ، ومع سرعة انتشارها .. توقفت التوصية بزراعة هذا الصنف فى عام ١٩٨٤ .

الأصناف المتعددة السلالات

يتكون الصنف المتعدد السلالات Multiline Variety من خليط من السلالات المتماثلة فى جميع الصفات ، ولكنها تختلف فى احتواء كل منها على جين مختلف للمقاومة الرأسية ، وهى أصناف تفيد فى مقاومة الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases بشكل جيد .

ولقد كان Jensen هو أول من اقترح استخدام الأصناف المتعددة السلالات لمقاومة الصدأ فى الشوفان ، وكانت وسيلته لتحقيق ذلك هى خلط سلالات نقية مختلفة فى تركيبها الوراثى ، ولكنها متشابهة مظهريا إلى حد كبير ، وتختلف فى حمل كل منها لجين مختلف من جينات المقاومة الرأسية .

وأعقب ذلك اقتراح Borlaug باتباع طريقة التلقيح الرجعى لإنتاج سلالات ذات أصول وراثية متشابهة Isogenic Lines ، ولكنها تختلف فيما تحمله من جينات المقاومة الرأسية . أى إن سلالات الصنف المتعدد السلالات تتشابه فى جميع الصفات الهامة ، ولكنها تكون مختلفة بالنسبة للمسبب المرضى .

يتكون الصنف المتعدد السلالات عادة من ٨ – ١٢ سلالة . تخلط هذه السلالات بنسب غير متساوية ، ويتوقف ذلك على قوة جينات المقاومة الرأسية التى تحملها ، وعلى النسبة الفعلية والمتوقعة لمختلف سلالات الطفيل بالمنطقة . ويمكن تغيير السلالات المكونة للصنف ونسبتها – من سنة لأخرى – حسب سلالات الطفيل الشائعة فى المنطقة .

وقد لخص Van der Plank العوامل المؤثرة على سرعة انتشار المرض خلال مجموعة من النباتات فى المعادلة التالية (عن Fehr ١٩٨٧) :

$$X_t = X_0 e^{rt}$$

حيث إن :

X_t = العدد الكلى للجراثيم المنتجة فى مجموعة من النباتات فى زمن معين t .

X_0 = عدد الجراثيم الذى أحدث الإصابة الأولية فى هذه المجموعة من النباتات .

r = معدل الزيادة فى عدد الجراثيم الجديدة يومياً .

e = ثابت = ٢٫٧١٨ .

يؤدى أى نقص فى كل من X_0 ، أو r إلى تأخير انتشار المسبب المرضى على النباتات فى الحقل . ويمكن أن يؤدى تأخير انتشار المرض لعدة أيام خلال المرحلة الحرجة لامتلاء البذور (فى محاصيل الحبوب) ، أو الدرنات ، أو الثمار ... إلخ ، إلى تأثيرات إيجابية هامة على النباتات القابلة للإصابة .

ويتحدد عدد الجراثيم التى يكون بمقدورها إحداث الإصابة الأولية فى مجموعة من النباتات (X_0) بعدد النباتات القابلة للإصابة التى يمكن لهذه الجراثيم إصابتها ، لأن الجرثومة لا تسهم فى انتشار المرض إذا وقعت على نبات لا يمكنها إصابته . وكلما ازدادت نسبة النباتات المقاومة فى الحقل نقصت قيمة X_0 .

ويتأثر معدل الزيادة فى عدد الجراثيم الجديدة يومياً (r) بقدرة الجراثيم على إصابة النباتات وإنتاج جراثيم جديدة ، وبعدد الجراثيم الجديدة القادرة على إحداث الإصابات أيضاً . ونجد فى الأصناف المتعددة السلالات أن الجراثيم الجديدة التى تقع على نباتات مقاومة تكون غير فعالة ، وهو ما يمنع إسهامها فى إحداث أية زيادة فى معدل إنتاج الجراثيم .

ولتوضيح طبيعة الدور الذى تلعبه الأصناف المتعددة السلالات فى الحد من انتشار الأمراض نأخذ – كمثال افتراضى – صنفاً يتكون من أربع سلالات ، تحمل كل منها جيناً قوياً من جينات المقاومة الرأسية R_1، و R_2، و R_3 ، وR_4 . نفترض كذلك وجود علاقة بين هذه الجينات وسلالات المسبب المرضى كتلك الموجودة فى حالة الندوة المتأخرة فى البطاطس . فإذا زرع صنف كهذا الصنف لعدة سنوات فإن الطفيل يتمكن بمرور الوقت من تكوين جميع السلالات المركبة الممكنة ، بالإضافة إلى السلالات البسيطة ، وتكون أوضاعها كمايلى:

١ – السلالة المعقدة (1 , 2 , 3 , 4) :

يمكن لهذه السلالة إصابة جميع السلالات المكونة للصنف ، لكن لأن كل سلالة من سلالات الصنف لا تحمل سوى جين واحد من جينات المقاومة الرأسية ، لذا .. فإن سلالة الطفيل تحمل ثلاثة جينات زائدة غير ضرورية للضراوة الرأسية Virulence ؛ الأمر الذى يحد من قدرتها على البقاء .

٢ – السلالات المركبة (3 , 2 , 1) ، و (4 , 2 , 1) ، و (4 , 3 , 1) ، و (4 , 3 , 2) :

يمكن لكل واحدة من هذه السلالات إصابة ثلاث من السلالات المكونة للصنف ، أى إن كلا منها يمكنها الانتشار فى الحقل دون موانع إلا فى ٢٥٪ فقط من النباتات . إلا أن كل سلالة

منها تحمل جينين زائدين غير ضروريين للضراوة ، الأمر الذى يحد من قدرتها على البقاء .

٣ – السلالات (2 , 1) ، و (3 , 1) ، و (1,4) ، و (3 , 2) ، و (4 , 2) ، و (4 , 3) :

يمكن لكل سلالة من هذه السلالات إصابة اثنتين فقط من السلالات المكونة للصنف ، وبذا .. فإنها تنتشر فى الحقل دون موانع إلا فى ٥٠ ٪ فقط من النباتات . إلا أن كل سلالة منها تحمل جيناً زائداً غير ضرورى للضراوة ، مما يحد قليلاً من قدرتها على البقاء .

٤ – السلالات (1) ، و (2) ، و (3) ، و (4) :

برغم أن هذه السلالات لا تحمل أية جينات زائدة غير ضرورية للضراوة – أى إن قدرتها على البقاء عالية – إلا أن كل سلالة منها لا يمكنها أن تصيب إلا سلالة واحدة من السلالات المكونة للصنف ، وبذا .. فإنها تواجه بموانع فى الحقل فى ٧٥٪ من النباتات .

يتبين مما تقدم أن سلالات الطفيل الخمسة عشرة تقاسى إما من نقص فى القدرة على البقاء بسبب الضراوة الرأسية الزائدة غير الضرورية ، وإما من النباتات المقاومة لها التى تعترض طريقها – والتى تكون بمثابة مصيدة لها – وإما من العاملين المعوقين لها مجتمعين . وتكون المحصلة النهائية لذلك كله إبطاء تقدم المرض بطريقة تشبه المقاومة الأفقية العالية .

وإذا أدخلت جينات المقاومة الرأسية فى السلالات المكونة للصنف فى أزواج .. فإن درجة الإعاقة التى تواجهها سلالات المسبب المرضى تزداد كثيراً . نفترض فى هذه الحالة أن الصنف يتكون من ست سلالات يحمل كل منها جينين كما يلى : (R_1 ، R_2) ، و(R_1 ، R_3)، و (R_1 ، R_4) ، و(R_2 ، R_3) ، و(R_2 ، R_4) ، و (R_3 ، R_4)   وأن هذه السلالات توجد فى الصنف بنسب متساوية . يتضح فى هذا المثال أن سلالات المسبب المرضى التى لا يوجد بها ضراوة رأسية زائدة غير ضرورية سوف تتعرض للإعاقة من خمسة أسداس النباتات بدلاً من ثلاثة أرباعها كما فى المثال الأول . وهكذا بالنسبة لبقية السلالات . إلا أن ذلك يكون مصاحباً بزيادة فى القدرة على البقاء (نقص فى النقص فى القدرة على البقاء) مقارنة بالمثال الأول .. فالسلالة المعقدة (1,2,3,4) التى كانت تحمل ثلاثة جينات زائدة غير ضرورية للضراوة فى المثال الأول أصبحت تحمل جينين فقط زائدين فى هذا المثال . ولايستطيع الإنسان معرفة أى الطريقتين أصلح لاستعمال جينات المقاومة الرأسية دون

إجراء بعض الحسابات الكمية .

أما بالنسبة لعدد جينات المقاومة الرأسية التى يوصى باستخدامها فى الصنف المتعدد السلالات ، فإنه يفضل زيادتها ، بشرط أن تكون قوية وغير مرتبطة بجينات ضارة . فإذا تكون الصنف من عشر سلالات تحمل كل منها جيناً واحداً قوياً للمقاومة الرأسية فإن العوائق التى تواجهها سلالات المسبب المرضى تزداد كثيراً .. فأكثر السلالات تعقيداً (التى تحمل عشرة جينات للضراوة) سوف تقاسى من حملها لتسعة جينات زائدة غير ضرورية للضراوة ، بينما لا يمكن لأية واحدة من السلالات البسيطة الممكنة أن تصيب ٩٠٪ من النباتات فى الحقل .

وتتوقف نسبة السلالات المختلفة التى تدخل فى تكوين الصنف على قوة الجينات التى تحملها كل من هذه السلالات . فيجب أن تكون السلالات التى تحمل أكثر الجينات قوة أعلاها نسبة .

وتكون الأصناف المتعددة السلالات إما متجانسة تماماً إذا كانت السلالات المكونة لها ذات أصول وراثية متشابهة Isogenic Lines ، أو غير متجانسة وراثياً – وإن كانت متجانسة مظهريا – إذا تكوّن الصنف من مجموعة من السلالات النقية المختلفة .

وبالرغم من أن المقاومة التى يظهرها الصنف المتعدد السلالات تتشابه فى محصلتها النهائية – وهى إبطاء تقدم الوباء – مع المقاومة الأفقية الجيدة ، إلا أنه توجد فروق هامة بينهما كما يلى :

١ – يتحكم فى المقاومة الأفقية – عادة – عدد كبير من الجينات ، قد يكون من بينها جينات مرتبطة بأخرى غير مرغوبة ، وتلك مشكلة لا توجد بالنسبة للأصناف المتعددة السلالات .

٢ – تسهل التربية بطريقة التهجين الرجعى لنقل جينات المقاومة الرأسية لمجموعة من السلالات عن التربية لإدخال صفة المقاومة الأفقية – التى يتحكم فيها عدد كبير من الجينات – فى صنف جديد .

٣ – تزداد حدة المشكلة السابقة عند محاولة التربية لمقاومة مرضين فى آن واحد ، وهو

الأمر الذى يكون مطلوباً فى أحيان كثيرة .

٤ – تجمع الأصناف المتعددة السلالات بين مميزات المقاومتين الرأسية والأفقية . فتظهر المقاومة الرأسية فى أفضل صورها فى اختبارات تقييم الأصناف فى محطات التجارب ، حيث تبدو الفروق بينها وبين الأصناف غير الحاملة للمقاومة الرأسية واضحة وجوهرية ، مما يشجع المربين على استعمالها . أما المقاومة الأفقية .. فإنها لا تظهر فى أفضل صورها إلا عند زراعة الصنف المقاوم على نطاق واسع ، ولذا .. فغالباً ما يرفضها المزارعون حتى قبل أن يمكن إثبات قيمتها الحقيقية . أما بالنسبة للأصناف المتعددة السلالات .. فإن المقاومة الرأسية تكون واضحة فى البداية ، مما يشجع إدخالها فى السلالات التى تكوّن الصنف ، ثم تصبح كالمقاومة الأفقية ، وتظهر قيمتها الحقيقية بعد انتشار زراعة الصنف على نطاق واسع .

ومن أهم مزايا الأصناف المتعددة السلالات ما يلى :

١ – يمكن اعتبارها أصنافاً مختلفة تعطى مقاومة تشبه المقاومة الأفقية ، بينما تكون أسهل وأسرع إنتاجاً من المقاومة الأفقية .

٢ – تمكن المربى من استعمال أكثر من أليل للمقاومة فى الموقع الجينى الواحد .

٣ – يمكن بواسطتها الاعتماد على جينات المقاومة الرأسية لفترات طويلة ، حيث يمكن سحب السلالات الحاملة لجينات معينة وإعادتها فى أى وقت ؛ تبعاً لمدى انتشار وأهمية سلالات المسبب المرضى التى تقاومها تلك الجينات .

٤ – يمكن زراعة هذه الأصناف لعدة سنوات دون أن تفقد مقاومتها ؛ الأمر الذى يمكّن المزارع من التعرف على المعاملات الزراعية التى تناسبه لكى يعطى أعلى محصول له .

أما عيوب الأصناف المتعددة السلالات فهى كما يلى :

١ – ارتفاع تكلفة إنتاجها .

٢ – تعد طريقة متحفظة للتربية ، لأنها تتطلب من المربى الاعتماد على التراكيب الوراثية الموجودة دون محاولة إيجاد تراكيب وراثية جديدة .

ومن الاعتراضات التى أثيرت ضد استخدام الأصناف المتعددة السلالات فى الزراعة ما يلى :

١ - اعتقاد الكثيرين أن المقاومة الرأسية لابد أن تفقد بعد سنوات قليلة من استخدامها، وبذا .. فإن استخدام عدد كبير من جينات المقاومة الرأسية يعد إسرافاً فى استعمال هذه الجينات ، لأنه يؤدى إلى فقدها . إلا أن هذا الاعتقاد لا يستند إلى الواقع إذ إن الانتخاب المثبت Stabilizing Selection يجعل السلالات الجديدة أقل قدرة على البقاء .

٢ - اعتقاد البعض أن الصنف المتعدد السلالات يجب أن يدخل فى تكوينه عدد كبير من السلالات لكى يكون مفيدا ، وهو أمر لا يشجع المربين على تربية مثل هذه الأصناف . إلا أن عدد السلالات التى تدخل فى تكوين الصنف يتحدد بعوامل كثيرة كما سبق بيانه ، ولا تستخدم فيها سوى الجينات القوية فقط ، وهى قليلة العدد على أية حال .

وقد ذكر Frey (١٩٨٢) أن استعمال الأصناف المتعددة السلالات فى الزراعة قد انتشر بالفعل فى عدد من دول العالم المنتجة للحبوب الصغيرة ، كما قدم الأدلة العلمية الواقعية على أهمية هذه الأصناف فى مكافحة أمراض الصدأ .

ولمزيد من التفاصيل عن الأصناف المتعددة السلالات .. يراجع Browning & Frey (١٩٦٩)، Frey (١٩٨٢) .

مخاليط الأصناف

تنتج مخاليط الأصناف Variety Mixtures أساساً بهدف التغلب على مشكلة السلالات الفسيولوجية لمسببات الأمراض ، ولكنها قد تنتج أحياناً لأغراض أخرى .

ومن أهم مزايا استخدام مخاليط الأصناف فى الزراعة ما يلى :

١ - خفض معدل الإصابة بالمرض - الذى تحمل الأصناف المكونة للمخلوط جينات المقاومة الرأسية الخاصة به - بدرجة عالية . فمثلاً .. قدر الانخفاض فى معدل الإصابة فى حالة مرض البياض الدقيقى فى الشعير بنسبة ٨٠٪ مقارنة بمتوسط الإصابة بالمرض فى الأصناف المكونة للمخلوط عند زراعتها منفردة .

٢ - توجد دائما اختلافات طفيفة بين الأصناف المكونة للمخلوط فى صفات النمو ، مثل : زاوية الورقة ، وارتفاع النبات ، والنمو الجذرى ، وهو ما يؤدى إلى ضعف التنافس بين النباتات ، وزيادة الاستفادة من الموارد البيئية كالأشعة الشمسية والماء . ويترتب على ذلك حدوث زيادة طفيفة فى المحصول حتى فى غياب الإصابة المرضية .

٣ - تكون مخاليط الأصناف أقل تأثراً بالتقلبات الحادة فى العوامل البيئية ، التى يكون لها تأثير كبير فى محصول الأصناف المزروعة بمفردها ، ذلك لأنه يكون من غير المحتمل أن تتأثر كل الأصناف المكونة للمخلوط بنفس القدر بالانحرافات البيئية . وبذا .. يكون محصول مخاليط الأصناف - على مر السنين - أكثر ثباتاً من محصول الأصناف المفردة .

ومن أهم عيوب استخدام مخاليط الأصناف فى الزراعة ما يلى :

١ - يعتبر الحصول على التوافقية (التركيبة) المناسبة من الأصناف المكونة للمخلوط من أكبر مشاكل تلك الأصناف ، فبالنسبة للمطاحن .. لا توجد تركيبة مناسبة .

٢ - احتمال ظهور سلالة فائقة Super Race من المسبب المرضى .. خاصة مع تعرض السلالات المرضية المتوفرة منه لعدد من جينات المقاومة الرأسية ، حيث قد تظهر - حينئذ - سلالات تحمل جميع جينات الضراوة القادرة على التغلب على جميع جينات المقاومة . هذا .. إلا أنه لم يظهر - عملياً - ما يؤيد هذا الظن إلى الآن .

٣ - تزيد أسعار تقاوى مخاليط الأصناف بنسبة ٥ - ٧ ٪ على أسعار تقاوى الأصناف العادية .

ولمزيد من التفاصيل عن اتجاهات التربية لمقاومة الأمراض فى النباتات .. يراجع Roane (١٩٧٣) .

دور الهندسة الوراثية فى التربية لمقاومة الأمراض

إن دور الهندسة الوراثية فى تربية النباتات لمقاومة الأمراض لا يقل عن دورها لأجل تحقيق أى هدف آخر من أهداف التربية . وتعد محاولات العلماء لإدخال إنزيم الكايتينيز Chitinase فى النباتات خطوة جريئة لمقاومة جميع الأمراض الفطرية مرة

واحدة . يعمل هذا الإنزيم على تحليل مادة الكايتين التى تدخل فى تركيب الجدر الخلوية للفطريات ، مما يؤدى إلى توقف نموها وموتها بعد فترة قصيرة من إصابتها للنبات واتصالها البيولوجى به .

وقد برز دور الهندسة الوراثية فى مجال مقاومة الحشرات (خاصة تلك التى تتبع رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera) بنقل الجين المسئول عن إنتاج المركبات السامة لهذه الحشرات من البكتيريا Bacillus thuringiensis إلى بعض المحاصيل الزراعية الهامة ، مثل القطن .

ويمكن القول إنه فى مجال التربية لمقاومة مسببات الأمراض كان أكبر دور للهندسة الوراثية – حتى الآن – فى مجال إنتاج نباتات مقاومة للفيروسات ، وقد تعددت اتجاهات الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن ، كما يلى :

١ – نقل الجين أو الجينات المسئولة عن مقاومة الفيرس – بطرق الهندسة الوراثية – إلى النوع المرغوب فيه من الأنواع المقاومة التى لا تهجن معه :

غنى عن البيان أن هذه الطريقة صالحة للتطبيق على أية صفة أخرى ، بما فى ذلك المقاومة للمسببات المرضية الأخرى غير الفيروسات ، وهى لا تتطلب سوى العثور على مصدر جيد للصفة المرغوبة ، ثم التعرف على الجين المرغوب وعزله ، تمهيدا لنقله .

٢ – نقل الجين المسئول عن تمثيل الغلاف البروتينى للفيرس من الفيرس إلى النبات :

يؤدى ذلك إلى خفض شديد فى معدلات الإصابة بالفيرس ، سواء أكانت هذه الإصابة موضعية ، أم جهازية ، دون أى تأثير على قوة نمو النباتات أو خصوبتها . وقد طبقت هذه الطريقة – لأول مرة – بالنسبة لفيرس موزايك الدخان فى الدخان ، ثم طبقت وثبتت فاعليتها فى الحد من الإصابة بفيروسات : تبرقش الدخان فى الطماطم ، وتخطيط الدخان ، وموزايك الخيار فى الدخان ، وموزايك البرسيم الحجازى فى الدخان والطماطم ، وفيرس x البطاطس فى الدخان والبطاطس .

وتعتمد هذه الطريقة فى مكافحة الفيروسات على مبدأ الوقاية المكتسبة بطريق الهندسة الوراثية ، ولذا .. فإنه يطلق عليها – عادة – اسم genetically engineered

cross protection ، وهى تتشابه – من حيث المبدأ – مع الوقاية التى توفرها الإصابة بسلالة ضعيفة من الفيرس ضد الإصابة بسلالة أخرى منه عالية الضراوة ، بسبب تواجد الغلاف البروتينى للسلالة الأولى قبل وصول السلالة الثانية . والفرق بين الوقاية المكتسبة فى الحالتين أن الغلاف البروتينى الفيروسى الذى يُصنّعه النبات – فى الحالة الأولى – يكون خالياً من الحامض النووى الفيروسى ، بينما يتواجد الفيرس كاملا فى حالة العدوى بسلالة ضعيفة للوقاية من سلالة أكثر ضراوة . وغنى عن البيان أن الوقاية المكتسبة بطريق الهندسة الوراثية تحقق جميع مزايا الوقاية المكتسبة الكلاسيكية دون أى من عيوبها .

هذا .. ولا يوفر الغلاف البروتينى الذى يُصنّعه النبات وقاية ضد سلالة الفيرس الذى أخذ منها الجين فقط ، وإنما ضد جميع السلالات الأخرى لنفس الفيرس ، وضد الفيروسات الأخرى التى تشترك مع الفيرس المعنى فى خصائصها السيرولوجية .

٣ – نقل الحامض النووى الكامل complete genome الخاص بسلالة ضعيفة من الفيرس إلى النبات ، حيث يكسب ذلك النبات وقاية ضد السلالات الأخرى الأكثر ضراوة من نفس الفيرس . وقد طبقت هذه الطريقة بالنسبة لفيرس موزايك الدخان فى الدخان ، ونمت النباتات التى نقل إليها الحامض النووى للفيرس بصورة طبيعية ، وكانت خالية من أعراض الفيرس ، أو أظهرت موزايكا خفيفا بالأوراق . ولم تتأثر هذه النباتات عندما تعرضت للعدوى بسلالة عالية الضراوة من نفس الفيرس .

ومن عيوب هذا التطبيق للهندسة الوراثية ما يلى :

أ – ضرورة العثور على سلالة ضعيفة من الفيرس .

ب – أن السلالة الضعيفة قد تؤثر على كمية ، أو نوعية المحصول .

جـ – قد تحدث طفرة بالسلالة الضعيفة تجعلها أكثر ضراوة .

د – قد يحدث تفاعل بين هذه السلالة الضعيفة وفيروسات أخرى يترتب عليها حدوث أعراض مرضية شديدة ، مثل التفاعل الذى يحدث بين فيرس تبرقش الدخان وفيرس x البطاطس فى الطماطم الذى يؤدى إلى ظهور أعراض التخطيط المزدوج .

٤ – نقل نيوكليتيدات حامض الـ RNA الفيرسى – إلى النبات – معكوسة (Antisense

RNA) ، وهى النيوكليتيدات التى تقابل خيط الـ RNA الرسول messenger RNA strand :

يؤدى ذلك – بطريقة غير مفهومة تماماً – إلى منع الفيرس من إظهار تأثيره المرضى الكامل على النبات . ويبدو أن ذلك يرجع إلى التأثير المثبط الذى يحدثه هذا التحول الوراثى للنبات على تكاثر الفيرس فى النبات . هذا .. إلا أن الحماية التى يوفرها الـ Antisense RNA أقل كثيراً من تلك التى يوفرها جين الغلاف البروتينى ، وقد جرب هذا التطبيق للهندسة الوراثية مع فيروسات موزايك الدخان ، وموزايك الخيار ، و X البطاطس فى الدخان .

٥ – نقل الـ RNA التابع للفيرس Sattllite إلى النبات :

يخفض ذلك من شدة أعراض الإصابة بالفيرس الذى ينتمى إليه هذا التابع . يوجد التابع الفيرسى فى عدة مجاميع من الفيروسات التى يوجد بها حامض نووى RNA ، وهو – أى التابع – جزىء مفرد من الـ RNA يحتوى على نحو ٣٠٠ – ٤٠٠ نيوكليوتيدة . وقد اعتبر البعض هذه التوابع كطفيليات للفيروسات ، لأنها تستفيد من ميكانيكية تكاثر الفيرس، وتغلف نفسها بالغلاف البروتينى للفيرس ، ولكنها ليست ضرورية لتكاثر الفيرس ذاته . وقد جرب هذا التطبيق للهندسة الوراثية مع كل من فيروسى موزايك الخيار ، وتبقع الدخان الحلقى فى الدخان ، حيث أظهرت النباتات المحولة وراثياً أعراضا مرضية أقل شدة – مما فى غير المحولة – عندما تعرضت للإصابة بالفيرس الأصلى ، بينما لم يتأثر نموها بعملية التحول الوراثى .

وتتميز هذه الطريقة بأن تعرض النباتات المحولة وراثيا للإصابة بالفيرس الذى ينتمى إليه التابع يؤدى – تلقائياً – إلى زيادة أعداد التابع فى النباتات ، وزيادة الوقاية التى يوفرها ضد الفيرس . وبالمقارنة .. فإن فاعلية نقل الجين المسئول عن تمثيل الغلاف البروتينى للفيرس إلى النبات تتناسب طردياً مع الكمية الممثلة من هذا الغلاف فى النبات ، وهو ما يتطلب وجود جرعة كبيرة من هذا الجين فى النبات المحول وراثياً .

ومن أهم عيوب هذا التطبيق للهندسة الوراثية ما يلى :

أ – لا تتوفر التوابع فى جميع الفيروسات .

ب – لا يمكن التنبؤ دائماً بتأثير التوابع فى النباتات المحوله وراثياً ، فبينما هى تقلل كثيراً من شدة الأعراض المرضية فى معظم الحالات ، فإنها تزيدها فى حالات أخرى قليلة .

ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Grumet (١٩٩٠) .

التربية لمقاومة عديد من الأمراض

مع نجاح المربين فى التربية لمقاومة الأمراض أصبح هدفهم إنتاج أصناف مقاومة لعديد من الأمراض Multiple disease - resistant varieties ، وقد تحقق ذلك الهدف فى عدة حالات .

أمثلة لحالات المقاومة المتعددة للأمراض

نذكر – فيما يلى – بعض الأمثلة لحالات المقاومة المتعددة للأمراض :

١ – أنتج Crill وآخرون (١٩٧١) سلالة من الطماطم تحمل جينات لمقاومة ما يلى : السلالات ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ من الفطر Cladosporum fulvum ، والسلالتين ١ ، ٢ من الفطر Fusarium oxysporum f. lycopersici ، والفطريات Stemphylium solani ، و Alternaria solani ، و Verticillum albo-atrum ، وخمس سلالات من فيرس موزايك الدخان ، بالإضافة إلى جينات المقاومة لعدد من العيوب الفسيولوجية ؛ هى : تعفن الطرف الزهرى ، والجدار الرمادى Gray wall ، والقمة الصفراء Yellowtop ، وجدرى الثمار Fruit Pox ، والبثور الذهبية Gold Fleck . ويقدر الباحثون الحد الأدنى لعدد الجينات التى تتحكم فى المقاومة للأمراض فى هذه السلالة بنحو ٢١ جينا .

٢ – تتوفر عديد من سلالات وهجن الطماطم التى تحمل جينات لمقاومة كل من أمراض الذبول الفيوزارى وذبول فيرتيسيللم ، ونيماتودا تعقد الجذور ، وفيرس موزايك الدخان ، والندوة المبكرة (VFNTA) ، ومن أمثلتها هجين الأقصر .

٣ – يحمل صنف الطماطم Nemato جينات لمقاومة مايلى :السلالات A ، B ، C ، D،E

من الفطر Fulvia fulva ، والسلالة رقم ١ من الفطر F. oxysporum f. lycopersici ، والفطرين V. albo - atrum ، و V. dahliae ، وأربع سلالات من فيرس موزايك الدخان؛ هى أرقام صفر ، ١ ، ١ : ٢ ، ٢ (Fletcher ١٩٨٤) .

٤ – أنتج Willams وآخرون (١٩٦٨) هجينين من الكرنب هما : Hybelle ، وSanibel يحملان جينات لمقاومة كل من أمراض : الاصفرار الفيوزارى ، وعفن الرأس الرايزكتونى ، والبياض الدقيقى ، وموزايك الكرنب ، بالإضافة إلى مقاومة احتراق حواف الأوراق الداخلية وهو عيب فسيولوجى .

٥ – تحمل بعض أصناف الخيار مقاومة متعددة للأمراض . ويبين جدول (٨–١) حالة المقاومة فى بعض الأصناف التى أنتجها H. M. Munger بجامعة كورنل الأمريكية ، علما بأنه لم تكن تتوفر مقاومة لأى من الأمراض المبينة فى الجدول فى أى من أصناف الخيار التجارية قبل عام ١٩٦٥ .

٦ – يعتبر صنف السبانخ Fall Green من أبرز الأمثلة على تعدد المقاومة للأمراض ، حيث أوضحت الاختبارات التى أجريت عليه أنه يحتوى على ما يلى :

أ – مقاومة كمية لكل من : الصدأ الأبيض ، والعفن الأزرق blue mold ، و التدهور الفيوزارى Fusarinum Decline ، والذبول الطرى ، والأنثراكنوز ، والأنثر اكنوز الثانوى Secondary Anthracnose .

ب – مستويات فعالة من المقاومة لكل من : تبقع الأوراق السركسبورى ، وعفن فيتوفثورا الأسود .

جـ – مقاومة نوعية لفيرس موزايك الخيار المسبب لمرض اللفحة (Goode وآخرون ١٩٨٨) .

اختبارات التقييم للمقاومة المتعددة للأمراض

إن أهم ما تجب مراعاته عند إجراء اختبارات المقاومة المتعددة للأمراض هو ألا تؤدى الإصابة بأحد المسببات المرضية إلى جعل النبات مقاوماً لمسبب مرضى آخر ، أو أن تكسر الإصابة بأحد الأمراض المقاومة لمرض آخر .

جدول (٨ – ١) : المقاومة المتعددة للأمراض التى تتوفر فى بعض أصناف الخيار الأمريكية .

المرض	Table Green	Table Green 65	Marketmore 70	Marketmore 76 & 80	Poinsett 83	Poinsett 76	Poinsett
فيرس موزايك الخيار	+	+	+	+	+	-	-
الجرب	-	+	+	+	+	+	-
البياض الدقيقى	±	±	-	+	+	+	+
البياض الزغبى	±	±	-	+	+	+	+
الأنثراكنوز	-	-	-	-	+	+	+
تبقع الأوراق الزاوى	-	-	-	-	+	+	+
Target leafspot	±	±	±	±	=	=	=

+ مقاوم ، ± وسط ، – قابل للإصابة ، = شديد الحساسية .

الفرق بين الصنفين Marketmore 76 ، و Marketmore 80 أن الأخير يخلو نموه الخضرى من المرارة (H.M. Munger سمنار بمشروع تطوير النظم الزراعية فى ١٥ / ٤ / ١٩٨٢) .

ولعل من أكبر مشاكل اختبارات المقاومة المتعددة للأمراض الحاجة إلى اختبار أعداد كبيرة من النباتات المنعزلة ، ليتسنى الحصول على النباتات التى تحمل جينات المقاومة المرغوب فيها ، وهى التى تكون نسبتها فى الجيل الثانى $(\frac{1}{2})^{ن} \times 100$ ، حيث (ن) عدد أزواج الجينات المسئولة عن المقاومة .

وتختلف طريقة إجراء اختبارات التقييم للمقاومة المتعددة للأمراض باختلاف المحصول والأمراض التى يُراد التربية لمقاومتها . فمثلا .. قام Harrison (١٩٦٠) بغمس جذور الطماطم – وهى فى عمر ٣ –٤ أسابيع – فى معلق لفطرى F. oxysporium f. lyco-persici ، و A. solani ، ثم شتلها فى تربة معدية بنيماتودا تعقد الجذور . وبمجرد أن استعادت النباتات نموها بعد صدمة الشتل .. قام برشها بمعلق لجراثيم وميسيليوم الفطر Stemphylium solani واحتفظ بها فى جو رطب لمدة ٣٦ – ٤٨ ساعة ؛ إما فى حجرات نمو رطبة ، أو تحت الرى بالرذاذ mist . وفى بعض الاختبارات كانت تعدى البادرات – فى مرحلة نمو الأوراق الفلقية – بالفطر المسبب لمرض تبقع الأوراق الرمادى .

وتجدر الإشارة إلى أن العدوى المختلطة للطماطم بالفطرين F. oxysporum f. lyco-persici ، و V. albo-atrum تؤدى إلى جعل النباتات المقاومة للفيوزاريم مقاومة كذلك لفطر الفيرتيسيلليم ، حتى ولو كانت لاتحمل جين المقاومة لهذا الفطر . وقد اقترح Tigchelaar & Dick (١٩٧٥) - تجنباً لهذه المشكلة - عدوى النباتات بالفيرتيسيلليم ، ثم عدوها بالفيوزاريم بعد ذلك بنحو ٢ - ٣ أيام .

الفصـل التاسع

طبيعة المقاومة للأمراض

تعد دراسات طبيعة المقاومة Nature of Resistance للأمراض من الدراسات الأساسية التى تعود نتائجها على برنامج التربية بفوائد عديدة ، فهى قد تفيد المربى فى تسهيل عملية الانتخاب للمقاومة فى برنامج التربية ، وتفيده فى تفهم طبيعة العلاقة بين العائل والطفيل ، وما يترتب على ذلك من اختيار الطرق الأخرى المناسبة لمكافحة المرض . هذا بالإضافة إلى أن مثل هذا النوع من الدراسة تُخرج المربى من روتين برامج التربية إلى مجال آخر للبحث العلمى يتصل بصميم عمله .

وقد حظيت دراسات طبيعة المقاومة للأمراض بعديد من المقالات العلمية الاستعراضية التى تختص بجوانب معينة من هذا الموضوع ، كما سيأتى بيانه فى هذا الفصل . كذلك خُصصت كتب كاملة لنفس الموضوع ، ولعل المجلد الخامس من Horsfall & Cowling (١٩٨٠) من أشمل المراجع التى تناولت موضوع طبيعة المقاومة للأمراض من جميع جوانبه، ويليه Wood (١٩٦٧) الذى تناول الجانب الفسيولوجى للمقاومة ضمن فسيولوجيا الأمراض النباتية عامة ، بينما كان تناول Deverall (١٩٧٧) للموضوع أكثر إيجازاً .

تقسم طبيعة المقاومة للأمراض فى النباتات إلى قسمين رئيسيين ، هما المقاومة السلبية ، والمقاومة النشطة ، وهما الموضوعان الرئيسيان لهذا الفصل .

المقاومة السلبية

يطلق على المقاومة السلبية Passive Resistance أسماء المقاومة الاستاتيكية Static Resistance ، ومقاومة المكونات الطبيعية للنبات Constitutive Resistance ، لأنها ترجع إلى ما يحتويه النبات من مكونات طبيعية ، وإلى خصائصه المورفولوجية ، أو الهستولوجية ، أو الفسيولوجية ، أو الكيميائيه التى تجعل منه عائلاً غير مناسب لنمو وتكاثر المسبب المرضى ؛ الأمر الذى يؤدى إلى منع الإصابة المرضية أو الحد منها .

وجدير بالذكر أن تلك الخصائص والمكونات التى تجعل النبات مقاوماً هى صفات موروثة توجد فيه سواء تواجد المسبب المرضى فى البيئة المحيطة بالنبات ، أم لم يتواجد فيها ، كما يكون لتلك الخصائص والمكونات دور آخر فى النبات . وتقسم المقاومة السلبية إلى قسمين رئيسيين ، هما المقاومة التركيبية ، والمقاومة الكيميائية .

المقاومة التركيبية

ترجع المقاومة التركيبية Structural Resistance إلى وجود تراكيب معينه فى النبات تكسبه صفة المقاومة ، ومن أبرز أمثلتها ما يلى :

١ – شكل الأوراق ، والزاوية التى يصنعها عنق الورقة مع الساق ، وطبيعة النمو :

فمثلا .. تستقبل أصناف القمح ذات الأوراق القائمة الضيقة عددا أقل من جراثيم الصدأ مما تستقبله الأوراق العريضة أو الأفقية (Hooker ١٩٦٧) . كما تحتفظ الأصناف ذات النمو الخضرى المفتوح المنفرج بقطرات الندى فى الصباح لمدة أقصر من الأصناف ذات النمو الخضرى المتزاحم المندمج ، وبذا .. تكون الأصناف الأولى أقل عرضة للإصابة بالأمراض ، وهو ما يلاحظ فى عديد من الأنواع المحصولية . ويعد ذلك فى نظر البعض نوعاً من المقاومة الأفقية لأن شكل النبات وطبيعة نموه يقللان من عدد جراثيم الفطر التى يمكنها الإنبات وإحداث الإصابة ، إلا أن آخرين يعتبرون ذلك إحدى حالات الإفلات من الإصابة ، لأن النباتات تكون قابلة للإصابة ، ولو توفرت لها الظروف الملائمة للإصابة لأصيبت .

٢ - سمك طبقة الأديم :

إن الأديم هو الطبقة الخارجية المغلفة لخلايا البشرة . وتجد بعض الفطريات طريقها إلى داخل النبات من خلال الفتحات الطبيعية فى الأديم كالثغور ، أو من خلال الجروح والثقوب التى توجد فيه ، بينما تخترق فطريات أخرى طبقة الأديم مباشرة لتصل إلى داخل النبات .

وحينما يشكل الأديم عائقاً أمام الإصابة بالفطريات فإن ذلك يرجع غالباً إما إلى سمك طبقة الأديم ذاتها ، وإما إلى ماقد يحتويه من مواد تمنع نمو الفطر .

وبرغم أن الأديم قد يشكل عائقا أمام الإصابة فى حالات قليلة - كما هى الحال بالنسبة للفطر Botrytis cinerea فى الطماطم والفاصوليا وغيرهما - إلا أن الملاحظ بصورة عامة أن هذه الطبقة رقيقة جداً ، ولا يمكن أن تعد عاملاً هاماً فى المقاومة للأمراض ، فهى لايمكن أن تشكل حاجزاً أقوى من الجدر الخلوية السيليلوزية . وفى المتوسط لا يزيد محتوى الورقة من تلك الطبقة على ١ . ٠ مجم/سم٢ من سطحها . وحتى فى الحالات التى يتكون فيها أديم قوى وسميك ، فإن ذلك لايمنع اختراق الفطريات لها . كذلك فشل الباحثون فى التوصل إلى أية علاقة مؤكدة بين التركيب الكيميائى للأديم ومقاومة لأمراض .

ومع ذلك .. فمن الأمور المُسلَّم بها أن الشموع المكونة لطبقة الأديم قد تساعد على سرعة انزلاق قطرات الماء (رذاذ ماء الرى أو الندى) - مع ما تحمله من مسببات الأمراض - من على الأوراق . كما قد تقلل تلك الطبقة من إفراز المواد الغذائية وغيرها من المركبات التى قد يفرزها العائل وتحفز نمو المسبب المرضى (عن Martin ١٩٦٤) .

وعموماً .. فإن الطفيليات تكون أكثر قدرة على اختراق الأعضاء النباتية الصغيرة الغضة مما تكون عليه الحال عند تقدم هذه الأعضاء فى العمر . ويبين جدول (٩ -١) تلك العلاقة بالنسبة لقدرة الفطر Macrosporium tomato على اختراق جلد ثمرة الطماطم (عن Dixon ١٩٨١) .

٣ - كثافة الشعيرات على الأسطح النباتية :

عندما تنتشر شعيرات غزيرة على سطح الأوراق والسيقان ، فإن قطرات الندى اللازمة لإنبات جراثيم الفطريات وحركة البكتيريا ربما لاتصل إلى الثغور والفتحات الطبيعية

جدول (٩-١) : العلاقة بين عمر ثمرة الطماطم ، ومقاومة جلد الثمرة للثقب ، والإصابة بفطر Macro-sporium tomato .

عمر الثمرة (يوم)	الضغط اللازم (جم) لثقب الثمرة	الثمار المصابة (٪)
٧	٠.٩٧	١٠٠
١٤	٢.٩٩	١٠٠
٢١	٤.٢١	٨٥
٢٨	٤.٩٠	٤٩
٣٥	٥.٠٨	٢٣
٤١	٥.٩٦	صفر
٤٨	٦.٧٤	صفر
٥٥	٥.٥٦	صفر

الأخرى؛ وبذا .. لاتحدث الإصابة . كما تكون لهذه الشعيرات أهمية بالغة بالنسبة لإعاقة تغذية الحشرات الناقلة للفيروسات .

٤ - تركيب الثغور وموعد فتحها :

لا تتوفر أية أدلة على وجود علاقة بين تركيب الثغور ومقاومة الأمراض ، باستثناء الأمراض البكتيرية . إلا أنه قد يكون لمساحة الثغور وعددها تأثير فى شدة الإصابة . كذلك يلعب توقيت فتح الثغور دوراً كبيراً فى مقاومة بعض الأمراض ، كما فى صدأ الساق فى القمح . ففى بعض الأصناف لا تفتح الثغور إلا فى وقت متأخر من الصباح بعد أن تكون قطرات الندى قد تبخرت ، علما بأن قطرات الماء ضرورية لإنبات الجراثيم ، والثغور المفتوحة ضرورية لاختراق الفطر للنبات . فهنا .. تنبت جراثيم الفطر فى وجود قطرات الندى ، ثم يجف الندى وتموت الجراثيم النباتية قبل أن تفتح الثغور . ويطلق على هذا النوع من المقاومة اسم المقاومة الوظيفية Functional Resistance . هذا .. ولا يشكل تأخر انفتاح الثغور أية عقبة أمام الإصابة بجراثيم الفطر P. recondita - المسبب لصدأ الأوراق - لأنها تكون قادرة على اختراق الثغور المغلقة (عن Akai ١٩٥٩) .

٥ – الجدر الخلوية السميكة الصلبة وطبقات الخلايا الفلينية :

فمثلا .. تتكوّن على الأسطح المجروحة لجذور البطاطا – فى الظروف البيئية المناسبة – طبقات فلينية تعمل على التئام الجروح ، ولكنها تفيد كذلك فى الدفاع ضد مسببات الأمراض . وفى بداية عملية تكوين هذه الطبقات الفلينية الواقية .. تتسوبر (أى يترسب السيوبرين) أولا فى الجدر الخارجية للخلايا الحية فى السطح المقطوع ، ويعقب ذلك تكوين بيريدرم الجروح الذى ينقسم ليعطى الخلايا الفلينية . ويحدث ذلك بسرعة فى درجة حرارة من ٣٠ – ٣٥°م ، ورطوبة نسبية من ٩٠ – ٩٥ ٪ .

المقاومة الكيميائية والفسيولوجية

ترجع المقاومة الكيميائية أو الفسيولوجية السلبية إلى وجود مركبات معينة أو خصائص فسيولوجية معينة فى النبات تكسبه صفة المقاومة ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ – عدم توفر رقم حموضة (pH) مناسب – فى العصير الخلوى – لنمو المسبب المرضى :

يكون لهذا العامل تأثير كبير فى تكاثر البكتيريا المسببة للأمراض . وقد وجد أن القدرة التنظيمية للاحتفاظ برقم ثابت للـ pH تكون أكبر فى الأصناف القابلة للإصابة منها فى الأصناف المقاومة ؛ الأمر الذى يترتب عليه تغيرات كبيرة – نسبيا – فى pH العصير الخلوى فى الأصناف المقاومة ، مما يجعلها غير مناسبة لنمو البكتيريا(Klement & Goodman ١٩٦٧) .

٢ – الضغط الاسموزى للعصير الخلوى :

قد يؤثر الضغط الإسموزى للعصير الخلوى فى نمو الكائنات المسببة للأمراض فى حالات معينة . فمثلاً .. وجد أن الضغط الاسموزى كان أعلى فى خلايا الخس المقاومة للبياض الدقيقى مما فى الأصناف القابلة للإصابة .

٣ – نفاذية الغشاء البلازمى :

وجد فى مرض صدأ الساق فى القمح أن نفاذية الغشاء البلازمى ترتبط عكسيا

بالمقاومة، وقد علّل ذلك بأن زيادة النفاذية تجعل من السهل على الفطر الحصول على المواد الغذائية التى تلزم لنموه (عن Hare ١٩٦٦) .

٤ - عدم توفر الحد الأدنى المناسب من بعض العناصر الغذائية كالأحماض الأمينية ، والبروتينات ، والمواد الكربوهيدراتية بالقدر الذى يكفى لنمو المسبب المرضى ، أو عدم وجود هذه المواد بحالة صالحة لاستعمال الطفيل . وقد أُطلق على هذا الطراز من المقاومة اسم نظرية التغذية Nutritional hypothesis .

وتأييدا لهذه النظرية .. ذكر أنه أنتجت طفرات من الفطر Colletotrichum orbiculare - بالمعاملة بالأشعة فوق البنفسجية - تميزت عن السلالة الأصلية باحتياجها إلى أحماض أمينية معينة ، أو إلى البيرودوكسين pyrodoxine . ووجد أن الطفرات التى كانت بحاجة إلى أحماض أمينية معينة (هى : leucine ، أو isoleucine ، أو serine ، أو lysine ، أو histidine ، أو proline ، أو alanine ، أو valine ، أو inositol) ، أو إلى مركب البيريميدين pyrimidine لنموها لم تكن قادرة على إصابة بعض أصناف القاوون والبطيخ .

وقد استعادت معظم الطفرات قدرتها على التطفل عندما أضيف الحامض الأمينى اللازم لأى منها إلى سطح الورقة - عند منافذ الإصابة Infection Courts - فى صورة محلول مائى . كذلك استعادت الطفرات قدرتها على التطفل بإضافة مستخلص خلايا بشرة أوراق الخيار أو البطيخ إلى سطح الأوراق المحقونة . إلا أن أيًّا من الطريقتين لم تفلح فى استعادة الطفرة - التى يلزمها البيرميدين - لقدرتها على التطفل (عن Kiraly وآخرين ١٩٧٤) .

ويعد ذلك تأكيدا لدراسات سابقة مماثلة أجريت على الفطر Ventura inaequalis المسبب لمرض جرب التفاح ، وحصل فيها على عدة طفرات كان ينقص كل منها عامل نمو growth factor معين لا يمكنها تمثيله . وقد كانت هذه الطفرات غير قادرة على إصابة أصناف التفاح القابلة للإصابة ، إلا أن معظمها استعاد تلك القدرة لدى إضافة عامل النمو الذى يلزمها عند منفذ الإصابة . وقد تبقت بعض الطفرات التى لم تستجب لتلك المعاملة ، لأن فقدها للقدرة على التطفل كان راجعا - كما يبدو - إلى أسباب أخرى إضافية (عن Allen ١٩٥٩) .

وقد أوجز Hare (١٩٦٦) دور الأحماض الأمينية فى المقاومة فيما يلى :

أ – ربما لايوفر العائل للطفيل الحد الأدنى المناسب من الحامض الأمينى الضرورى عند منفذ الإصابة ، فمثلا .. وجد تفاوت بين أصناف وسلالات اللفت فى محتواها من الحامض الأمينى هستيدين histidine ، وكان اللفت المنخفض فى محتواه من هذا الحامض مقاوماً لثلاث سلالات من البكتيريا Erwinia مقارنة بسلالات اللفت العالية المحتوى .

ب – قد تمنع مركبات أخرى الطفيل من الحصول على الحامض الأمينى اللازم له . فمثلا .. وجد أن بعض أصناف اللفت ذات محتوى مرتفع من الهستيدين ، ولكنها كانت مقاومة للبكتيريا ؛ لأن أحماضاً أمينية أخرى منعتها من الحصول على حاجتها منه .

جـ – قد يلزم الطفيل مركبات أخرى لكى يحصل على حاجته من الحامض الأمينى . فمثلا .. فقدت بعض سلالات البكتيريا Pseudomonas قدرتها على إصابة الدخان لحاجتها إلى الحامض الأمينى تريبتوفان Tryptophan، ولكنها استعادت قدرتها على التطفل عندما أضيفت أحماض أمينية أخرى عند منفذ الإصابة .

٥ – عدم إفراز النبات مواد لازمة لتنشيط المسبب المرضى :

يحدث هذا التأثير بصورة مباشرة ، أو غير مباشرة . ومن أمثلة التأثيرات المباشرة عدم إفراز جذور النباتات المقاومة – لنيماتودا التحوصل Cyst Nematode – لعامل الفقس hatching factor الذى يلزم لفقس الحوصلات Cysts . كما وجد أن لإفرازات الجذور دوراً فى فقس بيض نيماتودا تعقد الجذور .Meloidogyne spp ، وتطور يرقات نيماتودا تقرح الجذور .Pratylenchus spp . وجدير بالذكر أن بعض حوصلات نيماتودا التحوصل تفقس حتى فى غياب عامل الفقس ، ولكن ذلك يكون فى نطاق ضيق (عنRhode ١٩٦٠ ، و ١٩٧٢).

أما التأثير غير المباشر للإفرازات فيحدث عندما تتسبب إفرازات الجذور فى نمو وتكاثر كائنات دقيقة معينة فى منطقة نمو الجذور Rhizosphere ، ثم تفرز هذه الكائنات بدورها إفرازات قد تحفز أو تثبط نمو الكائنات المسببة للأمراض .

٦ – وجود مركبات طبيعية فى النبات تمنع نشاط إنزيمات ضرورية لبقاء الطفيل :

ومن أمثلة ذلك مركبات الجليكو بروتينات التى تثبط نشاط الإنزيمات التى يفرزها الطفيل لتحليل المركبات البكتينية .

٧ – وجود مركبات فى النبات سامة للمسبب المرضى :

وجدت أنواع عديدة من المستخلصات النباتية السامة للفطريات فى ٤٤ نوعا من مغطاة البذور من بين ١٩١٥ نوعاً تمت دراستها ، إلا أن ذلك لا يعنى بالضرورة مقاومة تلك الأنواع للفطريات ، فلكى يمكن إثبات أن مركباً ما مسئول عن المقاومة لمرض معين ، ينبغى توفر الشروط التالية (عن Allen ١٩٥٩) :

أ – أن يكون المركب مرتبطاً بالحماية من المسبب المرضى فى الأنسجة التى تحدث فيها تلك الحماية .

ب – أن توجد المادة فى العوائل المقاومة بتركيزات أعلى مما فى العوائل القابلة للإصابة .

جـ – أن يؤدى تزويد العوائل القابلة للإصابة بتلك المادة – فى الموضع المناسب – إلى حمايتها من الإصابة .

د – أن تكون طبيعة الحماية التى يمكن توفيرها للعوائل القابلة للإصابة – بهذه المادة – مماثلة للحماية الطبيعية التى تحدث فى الأصناف المقاومة .

هـ – أن يكون التأثير المثبط للمركب فى السلالات القادرة على إحداث المرض Virulent أعلى بكثير من تأثيره فى السلالات غير القادرة على إحداث المرض Avirulent .

وتجدر الإشارة إلى أن تركيز هذه المركبات السامة لمسببات الأمراض قد يزيد أثناء عملية استخلاصها ، كما أن تأثيرها على الطفيليات فى البيئات الصناعية لا يماثل بالضرورة تأثيرها فى العائل .

ويمكن غالباً الحصول على مواد كيميائية سامة للكائنات الدقيقة من كل أنواع النباتات ، إذ من النادر ألا يمكن التأثير فى أى كائن دقيق بشدة بتركيز مناسب لمستخلص نباتى أو مواد يحصل عليها من أى من النباتات المزهرة ، إلا أن وجود تلك المواد السامة لا يعنى

بالضرورة أنها تحمى النبات من مسبب مرضى معين بالذات .

ويستدل من استعراض الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن على ارتباط المحتوى الفينولى للنباتات بالمقاومة ، ويشترط فى هذه الحالات أن تكون الفينولات ذاتها هى التى تكون مؤثرة فى المسببات المرضية . أما إذا كانت الفينولات تتحول إلى مواد أخرى سامة للمسببات المرضية بعد حدوث الإصابة ، فإن ذلك يدخل ضمن المقاومة ذات الطبيعة النشطة.

ومن حالات المقاومة التى ترجع إلى وجود مركبات سامة للمسببات المرضية – فى الأصناف المقاومة – قبل حدوث الإصابة ما يلى :

أ – مقاومة البصل لمرض الاسوداد أو التهبب :

ترجع مقاومة البصل لهذا المرض إلى احتواء الحراشيف الخارجية للأبصال الملونة (المقاومة) على مركبين هما : الكاتيكول Catechol، وحامض بروتوكاتيكوك Protocatechuic Acid . ينتشر المركبان فى المحلول الأرضى حول الأبصال ، مما يؤدى إلى منع إنبات ونمو جراثيم الفطر .

وقد وجد أن مقاومة الأبصال الملونة للفطر تفقد لدى إزالة الحراشيف الخارجية الميتة بالرغم من استمرار وجود أوراق ملونة داخلية فى البصلة . وأوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن الصبغات الفلافونية flavones والأنثوسيانينية anthocyanins ليس لها أى دور مثبط للفطر ، ولكن تمثيلها يرتبط بتمثيل المركبات الفينولية المسئولة عن المقاومة .

ب – إفراز جذور أصناف البسلة المقاومة للفطر فيوزاريم – المسبب للاصفرار – لمواد سامة للفطر .

جـ – إفراز أوراق البنجر السليمة – من الأصناف المقاومة للفطر Cercospora beticola ، المسبب لمرض تبقع الأوراق السركسبورى – لمواد مثبطة لجراثيم الفطر . وقد وجد ارتباط بين إفراز تلك المواد وعدد البقع المرضية المحلية على الأوراق . وتبين أن أعدادا قليلة فقط من جراثيم الفطر هى التى تنبت على أوراق الأصناف المقاومة ، وأن نسبة بسيطة فقط من الجراثيم هى التى يمكنها الإنبات فى قطرات الندى ، أو الماء الذى تغسل به الأوراق ، حتى بعد التخفيف الشديد لها .

د - كذلك وجد أن أسطح أوراق أصناف التفاح المقاومة للبياض الدقيقى تحتوى على مواد مثبطة لإنبات جراثيم الفطر المسبب للمرض ، وأن هذه المواد تؤدى إلى حماية الأصناف القابلة للإصابة من المرض لدى معاملة أوراقها بها .

هـ - ترتبط مقاومة البطاطس للفطر Streptomyces scabies - المسبب لمرض الجرب - بمحتوى الدرنات من حامض الكلوروجنك Chlorogenic Acid كما يلى :

(١) توجد تركيزات من الحامض فى الأصناف المقاومة أعلى مما فى الأصناف القابلة للإصابة .

(٢) يزداد تركيز الحامض فى الأنسجة الخارجية للدرنات - حيث ينمو وينتشر الفطر عند حدوث الإصابة - عما فى الأنسجة الداخلية .

(٣) يكون تركيز الحامض أعلى فى الأنسجة المحيطة بالعديسات - التى تشكل المنفذ الطبيعى للإصابة - مما فى بقية أنسجة القشرة .

(٤) يلعب الحامض دوراً فى تنبيه الكامبيوم الفلينى لتكوين طبقة فلينية حامية (عن Allen ١٩٥٩) .

و - تبين أن مادة التوماتين Tomatine بتركيز ٤٥٠ جزءاً في المليون تثبط نمو البكتيريا Pseudomonas solanacearum فى المزارع البكتيرية . وتوجد هذه المادة فى جذور صنف الطماطم Hawaii 5808 - 2 المقاوم للبكتيريا - بتركيز ٤٠٠ جزء فى المليون ، ويصل التركيز فى النباتات الكبيرة إلى أكثر من ١٠٠٠ جزء فى المليون ، أما الأصناف القابلة للإصابة فيتراوح تركيز التوماتين فى جذورها من ١٠٠ - ٣٠٠ جزء فى المليون . كما وجد أن الظروف البيئية التى تضعف المقاومة تؤدى كذلك إلى خفض تركيز التوماتين فى الجذور . ويستدل مما تقدم على وجود ارتباط بين محتوى جذور الطماطم من التوماتين ومقاومتها لهذه البكتيريا (Gilbert & Mohanakumaran ١٩٦٩) .

ز - ترتبط المقاومة للذبول الفيوزارى فى البطيخ بوجود مستوى مرتفع من الفينولات قبل العدوى بالفطر (Mohammed وآخرون ١٩٨١) .

ح - يحتوى العصير المستخلص من جذور عدد من النباتات على مواد سامة للنيماتودا ، إلا أنه لم يثبت فى أى منها أن هذه المواد هى السبب الرئيسى والوحيد للمقاومة . وغالباً ما

تعمل هذه المواد – مع عوامل أخرى – على خفض معدلات الإصابة بالنيماتودا ، نظراً لأن تلك المواد تبطئ فقط نمو وتطور النيماتودا بالنبات . ومن أمثلة ذلك مقاومة الهليون للنيماتودا Trichodorus christiei ، حيث تحتوى جذور وسيقان الأصناف المقاومة على جلوكوسيد سام للنيماتودا ، يؤدى إلى سرعة موتها فى منطقة نمو الجذور . وينتشر هذا المركب السام فى التربة كذلك حول النباتات ؛ ليحمى النباتات الأخرى القابلة للإصابة القريبة منه من الإصابة بالنيماتودا (عن Rhode ١٩٧٢) .

المقاومة النشطة

يطلق على المقاومة النشطة Active Resistance أيضاً اسم المقاومة الديناميكية Dynamic Resistance ، والمقاومة المستحثة Inducible Resistance ؛ لأنها تتولد – أو تستحث – بعد حدوث الإصابة بالمسبب المرضى . وتعود المقاومة فى هذه الحالة إلى أسباب وراثية تمكّن النبات من الاستجابة لهجوم الطفيل بطريقة تجعله يُحدث تغيرات تركيبية أو كيميائية تُحد من نمو وانتشار المسبب المرضى . يوجد هذا النوع من المقاومة غالباً – إن لم يكن دائماً – فى حالات المقاومة الرأسية ، وما يورث هنا هو قدرة النبات على الاستجابة لهجوم الطفيل . وكما فى المقاومة السلبية .. فإن المقاومة النشطة تقسم كذلك إلى مقاومة تركيبية وكيميائية .

المقاومة التركيبية

تؤدى الإصابة – فى هذه الحالة – إلى حث العائل على تكوين دفاعات تركيبية defense structures معينة تحد من استمرار انتشار الإصابة فى نسيج العائل ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ – تكوين الكاللوز Callose (وهو مكون طبيعى للجدر الخلوية السميكة) فى بعض الحالات المرضية ، كما فى أصناف الخيار المقاومة للفطر Cladosporium cucumerinum المسبب لمرض الجرب .

٢ – تكوين اللجنين إما فى الجدر الخلوية التى تزداد سمكا ، و إما مع مركبات أخرى كالسيليلوز ، والكالوز حول هيفات الفطر ، مكونة ما يعرف باسم الدرنات

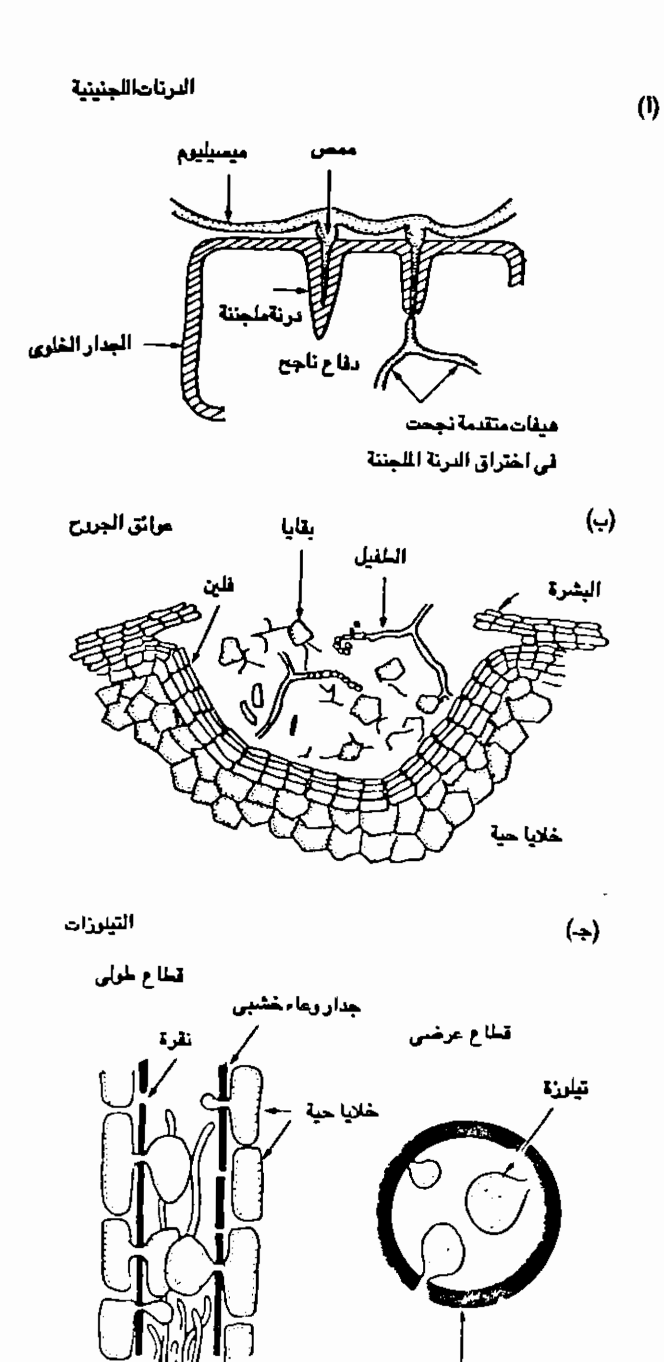
اللجنينية Lignitubers (شكل ٩ – ١ أ) . وقد استعمل هذا المصطلح لأول مرة فى وصف الزيادة التى تحدث فى سمك جدر خلايا القمح مقابل ميسيلوم الفطر Gaeumanomyces graminis – المسبب لمرض Take - all – لدى اختراقه للعائل . يحدث الانتفاخ فى الجدر الخلوية بمجرد ملامسة الميسيليوم لها . وقد لوحظت هذه الظاهرة بعد ذلك فى حالات مرضية أخرى ، كما فى البسلة عند إصابتها بالفطر Botrytis cinerea ، والطماطم عند إصابتها بأى من الفطرين Verticillum albo - atrum ، و V. dalhiae ، والخيار عند إصابته بالفطر Corynespora cucumerinum .

ويكون انتفاخ الجدر الخلوية مصاحبا بتحلل فى الخلايا النباتية المصابة ؛ الأمر الذى يحصر الإصابة فى عدد محدود من الخلايا . وقد أوضح التحليل الكيميائى للدرنات اللجينية أنها ترسبات سيليوزية محاطة بطبقة من اللجنين (عن Dixon ١٩٨١) .

وتختلف ظاهرة تكوين الدرنات الملجننة عن ظاهرة دفاعية أخرى هى إحاطة الميسيليوم المتقدم بطبقة سيليلوزية ، وتختلف كلاهما عن ظاهرة الـ Callosities التى تتميز بتكوين نموات كالوسية بارزة تلاحظ فى الجدر الخلوية المقابلة للجدر التى تخترقها الفطريات ، وتستطيل هذه النموات عموديا على الجدر وفى مواجهة الميسيليوم المتقدم ، الأمر إلى قد يمنع تقدم النمو الفطرى .

٢ – تكوّن أنسجة تعوق نمو الطفيل بعد جرح أنسجة العائل – سواء أكان التجريح بالوسائل الميكانيكية ، أم نتيجة لإصابات مرضية – تعرف هذه الأنسجة باسم Wound Barriers (شكل ٩ – ١ ب) ، وما يحدث هو أن الخلايا المصابة (المجروحة) تموت ، ثم تتراكم مركبات مثل السيوبرين Suberin ، و اللجنين ، والصموغ ، والتانينات فى الخلايا المجاورة لها ، ثم تتكون – بعد أيام قليلة – طبقة من الفلين ، هى التى تقوم بالدور الأكبر فى الحد من انتشار الإصابة المرضية .

ومن أبرز الأمثلة على ذلك تكوّن الـ wound barrier لدى إصابة درنات البطاطس بالفطر Streptomyces scabies المسبب لمرض الجرب العادى ، مما يؤدى إلى وقف تقدم الإصابة ، و لكن مجرد تكوين الفلين – فى هذه الحالة – يعنى ظهور أعراض المرض .



شكل (٩-١) : المقاومة "التركيبية" للأمراض : (أ) تكوين الدرنات اللجنينية ، (ب) تكوين عوائق الجروح، (جـ) تكوين التيلوزات .

ويعرف تكوين التركيبات الملجننة باسم Cicatrical Demarcation ، أو Cicatrice . وقد ذكر Gaumann فى عام ١٩٥٠ أنها ربما تحد من انتشار السموم التى تفرزها الفطريات إلى الأنسجة وأطلق على هذه الظاهرة اسم Antitoxin Defense Reaction .

٤ – تكوين التيلوزات Tyloses :

إن التيلوزات تراكيب تظهر فى حالات الإصابة بأمراض الحزم الوعائية ، وهى عبارة عن تضخمات بالونية الشكل تبرز فى تجويف الأوعية الخشبية لدى الإصابة ببعض مسببات أمراض الذبول مثل فطرى Verticillum albo - atrum ، و Fusarium oxysporum ، و تعمل على منع نمو الفطر فى تلك الأوعية .

تبرز هذه التضخمات البالونية من الخلايا البرانشيمية الشعاعية الملاصقة لأوعية الخشب من خلال النقر Pits التى توصل بينهما ، ولهذه التضخمات طبقتان ليفيتان (شكل ٩-١ جـ) وتجدر الإشارة إلى أن تكوين التيلوزات يعد محدود الانتشار ، كما لم يمكن إثبات صلتها بالمقاومة فى الطماطم حيث إنها تكونت استجابة للعدوى بكل من الطفيليات المتوافقة مع الطماطم وغير المتوافقة معها على حد سواء .

٥ – ترسيب الصموغ والمواد الشبيهة بها فى الأنسجة المصابة :

تعمل الصموغ التى تفرز أحيانا على حواف البقع المرضية كنوع من المقاومة الميكانيكية التى تحد من انتشار الإصابة . وفى الكرنب .. وجد أن الأصناف المقاومة للفطر F. oxysporum f. conglutinans المسبب للاصفرار تترسب بين خلايا القشرة فى جذورها – عقب تعرضها للإصابة – إفرازات شبه صمغية تحد من استمرار نمو الفطر داخل أنسجة النبات (عن Dixon ١٩٨١) .

٦ – تكوين طبقات الانفصال :

يؤدى تكوين طبقات الانفصال Abscission Layers – عقب الإصابة – إلى سقوط الأجزاء المصابة ، الأمر الذى يحد من استمرار انتشارها فى النبات ، كما فى مرض Shot- hole فى الفاكهة ذات النواة الحجرية .

المقاومة الكميائية والفسيولوجية

عندما تكون المقاومة النشطة كيميائية أو فسيولوجية .. فإن النبات يقاوم الطفيل لدى إصابته له ببدء تغيرات كميائية وفسيولوجية تحد من نشاط الطفيل فى النبات أو توقف تقدمه نهائيا . وجدير بالذكر أن هذه التغيرات الدفاعية لاتبدأ فى الحدوث إلا بعد مهاجمة المسبب المرضى لخلايا العائل ، وأن ما يورث هنا هو قدرة العائل على الاستجابة الدفاعية ضد عملية التطفل .

وتكون المقاومة الكميائية والفسيولوجية بأى من الصور التالية :

١ – المناعة المكتسبة Acquired Immuity :

المناعة المكتسبة هى اكتساب النبات مناعة ضد الإصابة بأى من سلالات فيرس ما لدى إصابته بأى منها . ولا تعرف هذه الظاهرة – فى المملكة النباتية – فى حالات الإصابة بأى من المسببات المرضية الأخرى غير الفيروسات . ويستفاد من الظاهرة فى حماية النباتات من السلالات الفيروسية العالية الضراوة ؛ بتعريضها للإصابة بسلالة منخفضة الضراوة من نفس الفيرس (Allen ١٩٥٩) .

٢ – فرط الحساسية وتكوين الفيتوألاكسينات :

تتميز حالات فرط الحساسية Hypersensitiyity بموت خلايا العائل بمجرد اختراق الطفيل لها ؛ الأمر الذى يمنع تقدم الإصابة . وتكون فرط الحساسية – عادة – مصاحبة بتغيرات أخرى تحد من انتشار الطفيل ، ولعل من أبرزها : لجننة الجدر الخلوية ، وتكوّن الفيتوألاكسينات phytoalexins . ونظرا لأهمية ظاهرتى فرط الحساسية وتكوين الفيتوألاكسينات ، فسوف نتناولهما بشىء من التفصيل .

فرط الحساسية

وصفت ظاهرة فرط الحساسية لأول مرة فى أصداء الحبوب ؛ ولذا .. كان الاعتقاد – حتى العشرينيات من هذا القرن – أن الظاهرة لا تحدث إلا مع الطفيليات الإجبارية ، ولكن ظهر خطأ هذا الاعتقاد فيما بعد .

ويعنى باصطلاح فرط الحساسية كل التغيرات المورفولوجية ، والهستولوجية ، والفيسيولوجية ، والكيميائية التى تحدث نتيجة الإصابة بمسبب مرضى مُعْدٍ Infectious Agent ، وتؤدى إلى تحلل النسيج المصاب ، ووقف نشاط المسبب المرضى ، و تحديد موقع الإصابة .

أما النباتات التى لا تستجيب للمسبب المرضى بالطريقة السابقة .. فإنها توصف بأنها Normsensitive .

خصائص ظاهرة فرط الحساسية

من أهم خصائص تفاعل فرط الحساسية ما يلى :

١ – لايمكن لغير المسببات المرضية الحية ، و الفيروسات ، و بعض الحشرات الثاقبة الماصة إحداث هذا التفاعل .

٢ – لايحدث التفاعل إلا فى الحالات التى لا يوجد فيها توافق بين العائل والطفيل ، و التى توصف بأنها Incompatible .

٣ – لايوجد فى بداية الإصابة فرق جوهرى – فى سرعة تكاثر المسبب المرضى – بين كل من العوائل المقاومة والعوائل القابلة للإصابة .

٤ – يحدث تفاعل فرط الحساسية ، و يظهر التحلل necrosis المصاحب لها ، فى الأصناف المقاومة ، قبل ظهور أعراض المرض فى الأصناف القابلة للإصابة .

تفسير ظاهرة فرط الحساسية

وضعت عدة نظريات لتفسير تفاعلات فرط الحساسية ، نذكر منها ما يلى :

١ – حدوث نقص فى درجة نفاذية الأغشية الخلوية : وهى ظاهرة تصاحب حالات فرط الحساسية عامة .

٢ – غياب مواد غذائية معينة لازمة لنمو الطفيل : إلا أنه لم يمكن عزل مواد معينة تتوفر فى النباتات الطبيعية الحساسية Normsensitive ، فى حين أنها هى لاتوجد فى النباتات

المفرطة الحساسية Hypersensitive .

٣ – وجود مواد مثبطة للنمو سابقة للإصابة . إلا أنه لم يمكن إثبات وجود مثل هذه المواد فى حالات فرط الحساسية .

٤ – حدوث تفاعل بين العائل والمسبب المرضى غير المتوافق معه يؤدى إلى تكوين مواد سامة للمسبب المرضى ذاته ، و هى المركبات التى يطلق عليها اسم فيتوألاكسينات Phytoalexins (عن Muller ١٩٥٩) . ويؤيد Keen (١٩٨١) هذه النظرية لتفسير حالة فرط الحساسية .

المسببات المرضية المحدثة لظاهرة فرط الحساسية

لاتقتصر حالة فرط الحساسية على فئة معينة من المسببات المرضية ، و إنما تحدثها عديد من المسببات المرضية بمختلف فئاتها ، كمايلى :

١ – الطفيليات الإجبارية Obligte Parasites ، كما فى فطريات الأصداء والبياض الدقيقى .

٢ – الطفيليات الاختيارية Facultative Parasites ، كما فى الفطر P. infestans المسبب لمرض الندوة المتأخرة فى البطاطس .

٣ – الرميات الاختيارية Facultative Saprophytes ، كما فى فطريات Colletotrichum lindemuthianum فى الفاصوليا ، و Corynespora cucumerinum فى الخيار.

٤ – البكتيريا ، حيث تظهر فرط الحساسية فى عديد من الحالات غير المتوافقة التى تتكون فيها بقع محلية .

٥ – الفيروسات ، حيث توجد فيها كذلك عديد من الحالات غير المتوافقة (عن Muller ١٩٥٩) .

٦ – النيماتودا .. فمثلا .. وجد أن مقاومة الفاصوليا لنيماتودا تعقد الجذور ترجع إلى

حدوث تحلل Necrosis فى القمة النامية للجذر بعد أربعة أيام من اختراق اليرقة له ، و هو تفاعل فرط حساسية يحدث فى الجزء المصاب فقط من الجذر ، بينما تتكون الخلايا العملاقة - فى موضع الإصابة - فى الأصناف القابلة للإصابة (Fassulitotis وآخرون ١٩٧٠) .

ونتناول فيما يلى بعض حالات فرط الحساسية بشىء من التفصيل :

١ - فرط الحساسية فى الأمراض البكتيرية :

يحدث تفاعل فرط الحساسية فى الإصابات البكتيرية - كما فى الإصابات المرضية الأخرى - بين أى عائل وأى طفيل غير متوافقين . ويعتقد أن البكتيريا تعد أكثر المسببات المرضية صلاحية لدراسات فرط الحساسية ، نظرا لأنه يمكن وقف نموها ونشاطها فى أى وقت عن طريق معاملة الأنسجة المحتوية على البكتيريا بالاستربتومايسين . ولاتحدث تفاعلات فرط الحساسية إذا أجريت هذه المعاملة خلال العشرين دقيقة الأولى من العدوى بالبكتيريا . أما المعاملة بالاستربتومايسين بعد ٢٥ دقيقة من العدوى فإنه لايفيد فى وقف تفاعل فرط الحساسية ، لأن هذه التفاعلات يمكن أن تستمر بعد ذلك فى الخلايا - أى بعد أن تبدأ - دونما حاجة إلى وجود خلايا بكتيرية حية . وتستمر هذه التفاعلات لمدة ٥ -٧ ساعات ، ويعقب ذلك موت الخلايا النباتية ذاتها فى خلال ساعة أو ساعتين . ويحدث هذا الموت السريع فى الخلايا النباتية نتيجة حدوث تغير مفاجىء فى نفاذية الأغشية الخلوية (Klement & Goodman ١٩٦٧) .

يحدث تفاعل فرط الحساسية فى الظروف الطبيعة عند وصول أى نوع من البكتيريا إلى أنسجة نباتية غير قابلة للإصابة ، و لكن المناطق المتحللة تكون صغيرة جدا ولايمكن رؤيتها بالعين المجردة . أما عند دفع أعداد كبيرة من البكتيريا عنوة إلى داخل النبات - مثلما يحدث عند إجراء العدوى برشاشة تحت ضغط مرتفع ، بتركيز لا يقل عن ٥ × ١٠^٦ خلية بكتيرية / مل من المعلق البكتيرى .. فإن المناطق التى تتحلل - بفعل تفاعل فرط الحساسية - تلتحم معا ، وتبدو واضحة للعين المجردة .

٢ - فرط الحساسية فى الأمراض الفيروسية :

يأخذ تفاعل فرط الحساسية فى الإصابات الفيروسية أحد مظهرين ، كما يلى :

أ – البتر أو الاستئصال Amputative Hypersensitivity :

وفى هذا النوع من التفاعل يزيل العائل الفيرس بإسقاط الأوراق المصابة قبل وصول الفيرس إلى اللحاء ، كما يحدث فى بعض أصناف الفلفل لدى إصابتها بفيرس موزايك الدخان .

يلاحظ أن هذا التفاعل يكون مصاحبا بنقص فجائى فى مستوى الأوكسين فى النبات . يحدث هذا النقص عقب الإصابة بالفيرس ، ويؤدى إلى سقوط الأوراق . وقد أدى رش النباتات التى يحدث فيها هذا التفاعل بالأوكسين نفثالين حامض الخليك Napthalene Acetic Acid بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون إلى منع سقوط الأوراق ، بينما لم تستجب النباتات للمعاملة بالأوكسين الطبيعى إندول حامض الخليك .

ب – موت جميع الخلايا النباتية المصابة بالفيرس Necrogenic Hypersensitivity :

يؤدى هذا النوع من التفاعل إلى وقف انتشار الفيرس فى النبات ، كما يحدث عند عدوى النوع Nicotiana glutinosa بفيرس تبرقش الدخان (عن Kiraly وآخرين ١٩٧٤) .

الفيتوالاكسنيات

تعريف وخصائص الفيتوالاكسينات

يقوم النبات بتمثيل مركبات معينة استجابة لأى محفز خارجى (سواء أكان كيميائيا ، أم طبيعيا ، أم بيولوجيا) بما فى ذلك مسببات الأمراض ، و يطلق على تلك المركبات اسم فيتوألاكسينات Phytoalexins ، وهى التى تعد الأساس فى حالات المقاومة الرأسية التى يتحكم فيها جين واحد .

وكان Muller (١٩٥٦) قد أعطى الفيتوألاكسينات التعريف الأصلى على أنها "مضادات حيوية antibiotics تنتج من تفاعل بين نظامين حيويين – هما العائل والطفيل – وتؤدى إلى وقف نمو الكائنات الدقيقة المرضة للنباتات " ؛ أما التعريف الحديث للفيتوألاكسينات فيقرر أنها مركبات مضادة للكائنات الدقيقة ، ذات وزن جزئى منخفض،

تمثل وتتراكم فى النباتات كنواتج أيضية ثانوية بعد تعرضها للكائنات الدقيقة ، أو لمعاملات، أو لظروف بيئية قاسية (Cruickshank ١٩٨٠) .

وتشتق كلمة Phytoalexin من الأصلين اليونانيين Phyton بمعنى نبات ، و alexin بمعنى مركب عازل Wording off Compound . وقد توصل Muller وزملاؤه إلى نظرية الفيتوألاكسين من دارساتهم المستفيضة على مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس ، و التى قاموا فيها بعدوى الأسطح المقطوعة لدرنات البطاطس بسلالات من الفطر قادرة على إحداث الإصابة Virulent وسلالات أخرى غير قادرة على إحداث الإصابة Avirulent . وقد لخص Cruickshank (١٩٦٣) الحقائق التى توصلوا إليها فيما يلى :

١ – عندما يلامس الكائن المرضى خلايا العائل فإنه يحدث بينهما تفاعل تتكون على أثره مادة – أطلق عليها اسم فيتوألاكسين – تمنع استمرار نمو الكائن المرضى فى أنسجة العائل ، و هى – بمقتضى هذا التفاعل – أنسجة مفرطة الحساسية لهذا المسب المرضى .

٢ – لايحدث هذا التفاعل إلا فى الخلايا الحية فقط ، ولكنه يؤدى إلى موتها .

٣ – إن المادة المتكونة نتيجة لهذا التفاعل هى مركب كيميائى ، و ربما تكون أحد نواتج عملية التحلل البيولوجى Necrobiosis التى تحدث لخلايا العائل .

٤ – لايكون هذا الفيتوألاكسين متخصصا فى مفعوله السام على الفطريات ، و تختلف الفطريات فى مدى حساسيتها له .

٥ – يحدث نفس التفاعل فى كل من الأصناف المقاومة والقابلة للإصابة ، ولكنه يكون أسرع فى الأصناف المقاومة بدرجة تسمح بوصول تركيز الفيتوألاكسين إلى المستوى المطلوب للتأثير فى المسبب المرضى قبل انتشاره فى النبات .

٦ – لايحدث التفاعل إلا فى الأنسجة المصابة ، والأنسجة المحيطة بها والقريبة منها فقط .

٧ – إن ما يورث هو حساسية خلايا العائل التى تحدد سرعة تكوين الفيتوألاكسين .

ويذكر Muller (١٩٦١) أنه لكى يمكن اعتبار المادة الناتجة من هذا التفاعل من الفيتوألاكسينات ، فإنه يتعين أن تتوفر فيها الشروط التالية :

٤ – لايكون هذا الفيتوألاكسين متخصصا فى مفعوله السام على الفطريات ، و تختلف الفطريات فى مدى حساسيتها له .

٥ – يحدث نفس التفاعل فى كل من الأصناف المقاومة والقابلة للإصابة ، ولكنه يكون أسرع فى الأصناف المقاومة بدرجة تسمح بوصول تركيز الفيتوألاكسين إلى المستوى المطلوب للتأثير فى المسبب المرضى قبل انتشاره فى النبات .

٦ – لايحدث التفاعل إلا فى الأنسجة المصابة ، والأنسجة المحيطة بها والقريبة منها فقط .

٧ – إن ما يورث هو حساسية خلايا العائل التى تحدد سرعة تكوين الفيتوألاكسين .

ويذكر Muller (١٩٦١) أنه لكى يمكن اعتبار المادة الناتجة من هذا التفاعل من الفيتوألاكسينات ، فإنه يتعين أن تتوفر فيها الشروط التالية :

١ – يجب أن يحدث التفاعل بين العائل والطفيل تحت ظروف يستبعد منها أية تأثيرات لأية كائنات دقيقة أخرى قد تكون موجودة كملوثات Contaminants .

٢ – ألا يتعرض العائل أثناء إجراء الاختبار إلى أية أضرار ميكانيكية قد تؤدى إلى إنتاجه مواد أخرى مثبطة للنمو الميكروبى .

٣ – يفضل أن يستعمل فى الاختبار طفيليات يمكنها النمو على البيئات المغذية العادية ، حتى لايُعَدّ نقص العناصر المغذية أحد العوامل التى يمكن أن تحد من نمو المسبب المرضى.

٤ – ألا توجد بالعائل – قبل العدوى بالمسبب المرضى – أية مثبطات للنمو بتركيزات تكفى لوقف نموه .

٥ – تجنب إجراء الاختبار بأية طريقة قد يترتب عليها حدوث تغييرات فى تركيبه الكميائى .

٦ – الالتزام بطريقة محددة لاختبار مفعول الفيتو ألاكسين بعد استخلاصه .

٧ – التأكد من وجود الفيتو ألاكسين فى أنسجة النبات بتركيزات كافية لوقف نمو

المسبب المرضى .

وقد أوضحت الدراسات التى أجريت على الفيتو ألاكسينات الحقائق التالية (عن Keen ١٩٨١) :

١ – تكون الطفيليات القادرة على إحداث الإصابة – غالبا – قادرة على تحمل الفيتوألاكسينات ، أو إحداث تغيرات كيميائية فيها تفقدها فاعليتها ، لكن الطفيليات القريبة منها التى تكون غير قادرة على إحداث الإصابة بنفس العائل لاتتحمل الفيتو ألاكسنينات ، ولا تكون لديها القدرة على تغييره كيميائيا .

٢ – تؤدى معاملة النباتات القابلة للإصابة بأى من العوامل التى تزيد إنتاج الفيتوألاكسينات – مثل الأشعة فوق البنفسجية – قبل العدوى إلى جعلها مقاومة .

٣ – يؤدى التعرض للعوامل البيئية التى تضعف قدرة النبات على إنتاج الفيتوألاكسينات – دون أن يكون لها نفس التأثير السلبى فى الطفيل – إلى إضعاف مقاومة النباتات .

٤ – لا تنتج الفتوألاكسينات بتركيزات عالية فى العوائل ذات المقاومة الرأسية إلا عندما لا يوجد توافق بين العائل والطفيل .

٥ – تزداد سرعة تكوين الفيتو ألاكسينات عند منافذ الإصابة فى حالات المقاومة التى يصاحبها توقف سريع لنمو الطفيل عما فى الحالات التى تبطىء فقط من نمو الطفيل وتقدمه .

٦ – يصل تركيز الفيتوألاكسين إلى المستوى السام للمسبب المرضى فى الوقت والمواقع التى يتوقف فيها نمو وتطور سلالات الطفيل غير المتوافقة .

٧ – تؤدى العدوى المزدوجة بسلالة متوافقة وأخرى غير متوافقة من المسبب المرضى إلى وقف نمو كليهما ، ويكون ذلك مصاحبا بتركيزات عالية من الفيتوألاكسين المنتج .

٨ – تؤدى المعاملة بالفيتوألاكسينات النقية فى منافذ الإصابة عند العدوى بسلالة متوافقة من المسبب المرضى إلى جعلها غير متوافقة ، كما تؤدى زيادة الكمية المضافة إلى زيادة حالة عدم التوافق .

٩ - أحيانا .. تؤدى المعاملة بالسموم المحدثة للأمراض - والمستخلصة من المسببات المرضية - إلى إحداث نفس التفاعلات المؤدية إلى إنتاج الفيتو ألاكسينات مثل المسببات المرضية ذاتها .

الكائنات والعوامل والمعاملات المحفزة لإنتاج الفيتو الاكسينات

تنتج الفيتوألا كسينات فى النباتات عند عدواها بعديد من الكائنات الدقيقة والفيروسات، ولدى تعريضها لعوامل أو معاملات خاصة ، ومن أهم تلك المسببات والعوامل ما يلى :

١ - الفطريات :

إن معظم معلوماتنا عن الفيتوألاكسينات حصل عليها من دراسات استخدمت فيها الفطريات لتحفير إنتاج الفيتوألاكسينات . ولايشترط لإنتاج الفيتوألاكسينات أن تكون الفطريات المستخدمة فى العدوى من بين الطفيليات الطبيعية للعائل ، فقد وجد Cruickshank (١٩٦٥) أن البسلة تنتج الفيتو ألاكسين بيزاتين Pisatin لدى عدوى قرونها بأى واحد من عدد كبير من الفطريات سواء أكانت من بين الطفيليات الطبيعية للبسلة، أم غير ذلك ، إلا أن تركيز البيزاتين المنتج اختلف من فطر لآخر . كذلك اختلفت الفطريات المستخدمة فى مدى حساسيتها للبيزاتين ، وأمكن تقسيمها إلى مجموعتين : حساسة للبيزاتين ، وتشمل كل الطفيليات الطبيعية للبسلة ، وغير حساسة وتشمل كل الفطريات الأخرى التى شملها الاختبار وهى ليست من الطفيليات الطبيعية للبسلة .

وفى العائل الواحد .. ينتج عادة نفس الفيتوألاكسين وإن تعددت جينات المقاومة الرأسية ما دامت سلالات الفطر المستخدمة غير متوافقة مع جين المقاومة الرأسية ؛ ففى البطاطس .. تمكن Sato وآخرون (١٩٦٨) من عزل الفيتوألاكسين ريسيتين Rishitin من درنات الأصناف ذات التركيب الوراثى r، و R_1، و R_2، و R_3، و R_4 لدى عدوى أى منها بسلالة غير متوافقة من الفطر Phytopthora infestans .

٢ - البكتيريا :

لم يعرف دور الفيتو ألاكسينات فى مقاومة الأمراض البكتيرية إلا فى عام ١٩٧١ حينما أمكن عزل كميات كبيرة نسبيا من الفيتوألاكسين فاصيولين Phaseollin من أوراق

أصناف الفاصوليا (٢٢٦ ميكروجراماً / جم من الأوراق) المفرطة الحساسية للبكتيريا Pseudomonas phaseolicola لدى عدواها بتلك البكتيريا . كما أمكن عزل فيتوألاكسينات أخرى من الفاصوليا - بنفس البكتيريا - وهى : Phaseollidin ، وPhaseollinisoflavan ، Kievitone , Coumestrol .

وقد عزلت بعد ذلك فيتو ألاكسينات أخرى فى حالات مرضية بكتيرية أخرى ، فمثلا .. وجد أن البكتيريا Pseudomonas glycinea تحفز تكوين الفيتوألاكسينات التالية فى فول الصويا glyceollin ، و coumestrol ، و daidzein ، و sojagol . وفى البطاطس .. عزلت الفيتوألاكسينات Rishitin ، و Phytuberin بتركيزات عالية نسبيا من درنات البطاطس (١٠٠ - ١٠٠٠ ميكروجرام/ جم من النسيج المعدى) لدى عدواها بالبكتيريا Erwinia atroseptica . كما عزلت نفس هذه الفيتو ألاكسينات - مع غيرها - لدى عدوى الدرنات بالبكيتريا E. carotovora . كذلك عزل الفيتوألاكسين Cspsidiol من أوراق الفلفل لدى عدواها بالبكتيريا E. carotovora .

٣ - الفيروسات :

أمكن فى عام ١٩٧٢ عزل عدد من الفيتوألاكسينات من الفاصوليا الخضراء لدى عدواها بفيرس تحلل الدخان Tobacco Necrosis Virus، و هى : Phaseollin ، و Phaseollidin، و Phaseollinisofhavan .، و Kievitone .

وقد تبين بعد ذلك أن البقع المحلية التى تتكون فى بعض حالات الإصابات الفيروسية تعد مواقع ممتازة لعزل الفيتو ألاكسينات ، حيث عزلت الفيتو ألاكسينات من الحالات المرضية الفيروسية التالية :

العائل	الفيروسات	الفيتو الاكسينات المنتجة
الفاصوليا	فيرس تحلل الدخان	Phaseollinisoflavan , Kievitone
Vigna spp.	متنوعة	Phaseollin , Phaseollidin, Kievitone, 2 - O-methylphaseollidinisoflavan , Vignafuran
البسلة	متنوعة	Pisatin
N.tabacum	فيرس تحلل الدخان	Capsidiol , Solascone , Phytuberin , Phytuberol , 3 - hydroxysolavetivone

وتتراوح كميات الفيتوألا كسينات المنتجة من ١٠ - ٥٠٠ ميكروجرام / جم من الأنسجة المصابة بالفيرس . وجدير بالذكر أن الدراسات التى استخدمت فيها الفيروسات أدت إلى عزل فيتوألاكسينات جديدة لم تكن معروفة من قبل .

٤ - النيماتودا :

أمكن عزل الفيتوألاكسينات من الحالات المرضية النيماتودية التالية :

العائل	النيماتودا	الفيتوألاكسينات المنتجة
البطاطا	Cylas formicarius	Ipomeamarone
	Euscepes postfasciatus أو	Ipomeamarol
		dehydroipomeamarone
فاصوليا الليما	Pratylenchus scribneri	Coumestans
الفاصوليا الخضراء	P. penetrans	Phaseollin
فول الصويا	Meloidogyne incognita	Glyceollin

وفى جميع هذه الحالات .. كان تركيز الفيتوألاكسينات أعلى فى الأنسجة المتحللة (عن Bailey ١٩٨٢) .

٥ - المركبات الكيميائية :

تبين أن عديداً من المركبات الكيميائية تعمل كمنبهات لإنتاج الفيتوألاكسينات لدى معاملة النباتات بها ، ومن هذه المركبات ، ما يلى :

فئة المركبات	أمثلة للمركبات
مثبطات التنفس	Sodium iodoacetate
	Sodium fluoride
	Potassium cyanide
	2 .4 - dinitrophenol
مضادات الحيوية	Actinomycin D
	Puromycin
	Cycloheximide
منظمات النمو	Ethylene
	Indole acetic acid
	2 , 4 - D
	2, 4 - 5 - trichlorophenoxyacetic acid

وتعرف مركبات كيميائية أخرى عديدة ، ولكن تأثيرها المحفز لإنتاج الفيتوألاكسينات لم يدرس إلا في البسلة ، و من أمثلتها : أملاح المعادن الثقيلة كالنحاس ، و الزئبق .

٦ - نواتج الأيض الميكروبي Microbial Metabolites :

تبين أن راشح المزارع الميكروبية ، وكذلك الخلايا الفطرية المقتولة بالحرارة كانت قادرة على تحفيز إنتاج الفيتوألاكسينات مثل الكائنات الحية المأخوذة عنها تماما . ومن أهم نواتج الأيض الميكروبي التي وجدت فيها وكانت مؤثرة في إنتاج الفيتوألا كسينات كل من : الـ Peptides ، والـ Glycopeptides ، و الـ Polysaccharides .

٧ - المعاملات الفسيولوجية :

حفز تجريح الأنسجة النباتية بالقطع ، أو بالخدش ، أو بالوخز بالإبر إنتاج الفيتوألاكسينات ، ولكن بتركيزات منخفضة جدا . كما أنتجت الفيتوألا كسينات بتعريض الأنسجة لدرجة - ٢٠ °م لمدة ١٠ - ٢٠ دقيقة ، أو بجعلها تلامس النيتروجين السائل ثم تفكيكها . وكانت أكثر المعاملات تأثيرا في إنتاج الفيتوألاكسينات هي التعريض للأشعة فوق البنفسجية (عن Bailey ١٩٨٢) ..

تأثير الفيتوالاكسينات على الكائنات الدقيقة وعلاقة ذلك بالمقاومة

درس تأثير الفيتوألاكسين بيزاتين Pisatin الذي تنتجه البسلة - كمثال - على عدد كبير من الفطريات ، كان بعضها من تلك التي تتطفل طبيعياً على البسلة ، بينما لم يكن بعضها الآخر كذلك ، وكانت جميعها من الفطريات الهامة التي تمثل مختلف المجاميع الفطرية .

وقد أوضحت هذه الدراسة أن الفطريات التي تصيب البسلة أقل حساسية للبيزاتين من الفطريات التي لا تتطفل طبيعيا على البسلة . وقد حصل كذلك على نتائج مشابهة بالنسبة لكل من فيتوألاكسينات الـ Viciatin الذي ينتجه الفول الرومي ، و الـ Phaseolin الذي تنتجه الفاصوليا .

وجدير بالذكر أن إنتاج الـ Pisatin في قرون البسلة لا يبدأ قبل مرور ٦ -٨ ساعات من

حقن (عدوى) القرون - فى أماكن البذور - بالفطر المناسب ، ثم يزداد تركيز الفيتوألاكسين تدريجيا مع الوقت لمدة ١٢ - ٣٠ ساعة (عن Cruickshauk ١٩٦٥) .

ويمكن القول إن المقاومة هى الحالة التى يتمكن فيها العائل من الاستجابة - للإصابة - بإنتاج فيتوألاكسين بتركيز يصل إلى الحد اللازم لوقف نمو المسبب المرضى أو يزيد عليه . كما يمكن تعريف القابلية للإصابة بأنها الحالة التى لايمكن فيها للعائل الاستجابة للإصابة بالسرعة الكافية لإنتاج الفيتوألاكسين بالتركيز المناسب لوقف نمو المسبب المرضى .

طرق إنتاج الفيتوالاكسينات

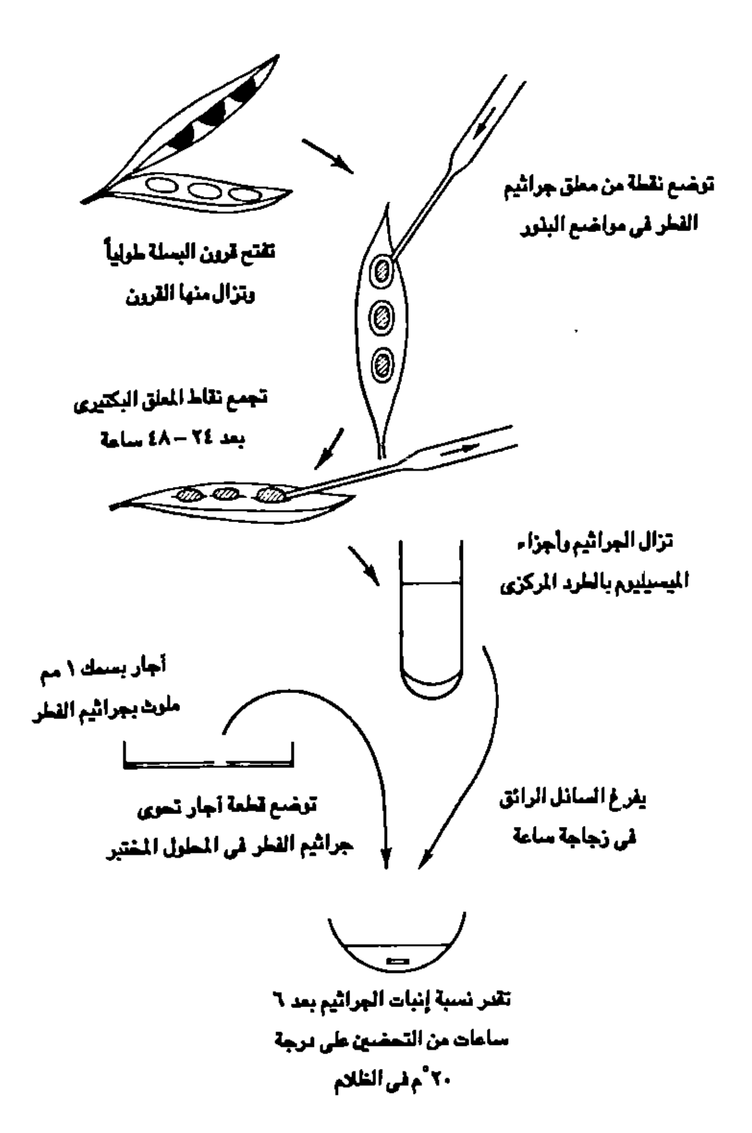
اتبعت عدة طرق لإنتاج الفيتوألاكسينات فى الأنسجة النباتية عقب عدواها بالمسببات المرضية ، نذكر منها ما يلى :

١ - رش الأوراق والسيقان بمعلق المسبب المرضى بعد إزالة الطبقة الشمعية عنها .
٢ - عدوى الأسطح المقطوعة للنسيج النباتى المتشحم كالدرنات .
٣ - عدوى مواضع البذور - بعد إزالتها - من أنصاف قرون البقوليات :

تعرف هذه الطريقة باسم drop - diffusate method ، و فيها تزال البذور من القرون الخضراء للبقوليات بعد تفصيصها ، ثم يضاف المعلق الفطرى أو البكتيرى ... إلخ فى تجويف البذور ، وتحفظ أنصاف القرون المعاملة بهذه الطريقة فى مكان محكم مغلق ترتفع فيه نسبة الرطوبة . تُنتج بعد ساعات قليلة الفيتوألاكسينات فى خلايا العائل ، لتنتشر منها إلى السائل الموجود فى تجويف البذور ، حيث يمكن استخلاصها بسهولة (شكل ٩-٢) .

اتبعت هذه الطريقة فى إنتاج الـ Pisatin من البسلة ، والـ Viciatin من الفول الرومى ، والـ Phaseolin من الفاصوليا . ويتراوح - عادة - تركيز الفيتوألاكسينات فى السائل الموجود فى فجوات البذور من ١٠ - ٢٠٠ ميكروجرام / مل (عن Bailey ١٩٨٢) . ولمزيد من التفاصيل عن هذه الطريقة لإنتاج الفيتوألاكسينات .. يراجع Kiraly وآخرون (١٩٧٤).

كذلك يمكن حقن القرون الخضراء - وهى على النبات - فى تجاويف البذور بمعلق المسبب المرضى ، وقد اتبعت هذه الطريقة فى إنتاج الـ Pisatin بعد الحقن بمعلق الفطر Monilinia fructicola .



شكل (٩ -٢) : طريقة أنصاف قرون البقوليات لإنتاج الفيتوألاكسينات .

٤ - اقترح Kuc (١٩٧٢) استخدام أنصاف ثمار الأفوكادو والقاوون فى إنتاج كميات كبيرة من الفيتوألاكسينات بطريقة مماثلة لطريقة أنصاف قرون البقوليات . وقد اتبعت هذه الطريقة بالفعل فى إنتاج الفيتوألاكسينات من ثمار السترون المقاوم للفطر المسبب للذبول الفيوزارى (Helal ١٩٧٦) .

٥ - استخدام مزارع الأنسجة :

يمكن استخدام مزراع الأنسجة النباتية فى إنتاج الفيتوألاكسينات بعد عدواها بالمسببات المرضية . وللتفاصيل الخاصة بهذه الطريقة .. يراجع Dixon (١٩٨٠) .

هذا .. ويمكن فصل الفيتوألاكسينات بسهولة بطرق الفصل الكروماتوجرا فى ، ويستخدم لذلك الكروما توجرافى الورقى . وقد اتبعت هذه الطريقة لفصل كل من الـ Pisatin (Cruickshank ١٩٦٥) ، والـ Rishitin (Tomiyama وآخرون ١٩٦٨) .

كما يتم الفصل أيضا باختبار الـ thin layer chromatography ، وفيه توضع المستخلصات النباتية على الشريحة الزجاجية المعدة للفصل الكروما توجرا فى ، و بعد عمل الكروماتوجرام chromatogram (أى انفصال مكونات المستخلص على الشريحة) فإنه يرش بجراثيم أحد الفطريات المناسبة وهى معلقة فى محلول مغذ . يترك الكروماتوجرام بعد ذلك فى حضّان ذى رطوبة مرتفعة لعدة أيام ، حيث ينمو الفطر على كل الشريحة فيما عدا فى المناطق التى توجد بها الفيتوألاكسينات (Wain ١٩٧٧) .

العوامل المؤثرة فى إنتاج النباتات للفيتوالاكسينات

يتأثر إنتاج النباتات للفيتوألاكينات بعديد من العوامل . وقد أجريت الدراسات فى هذا الشأن على إنتاج الفيتوألاكسين Pisatin من البسلة بطريقة عدوى تجويف البذور فى أنصاف القرون ، ووجد أنه يتأثر بالعوامل التالية :

١ – الحالة الفسيولوجية للقرون ، ولجراثيم الفطر المستخدم فى العدوى ، وكان ذلك مرتبطاً أيضا بدرجة ظهور المرض .

٢ – مدة تخزين القرون قبل إجراء الاختبار ، و درجة الحرارة التى خزنت عليها القرون أنذاك ، وما إذا كان التخزين قد أجرى فى أوعية مغلقة ، أم مهواة . .

٣ – درجة نضج القرون المستخدمة فى الاختبار ، حيث العلاقة عكسية بين درجة النضج وإنتاج الـ Pisatin .

٤ – درجة الحرارة أثناء إجراء الاختبار ، حيث يبلغ إنتاج الـ Pisatin أقصاه فى درجة حرارة ١٥ – ٢٠°م ، و ينخفض إنتاجه تدريجيا كلما اقتربت درجة الحرارة من الدرجتين

الصغرى و العظمى لإنتاجه ، و هما صفر ، و ٣٥°م على التوالى .

٥ – لايتكون الـ Pisatin فى غياب الأكسجين بعد العدوى . ويمكن القول إن التهوية بعد العدوى تؤثر فى العمليات الحيوية فى كل من العائل والطفيل . ونظرا لأن بعض المسببات المرضية قد يمكنها تحمل نقص الأكسجين بدرجة أكبر من النباتات الراقية ، لذا .. فإن سوء التهوية قد يكون له تأثير سلبى كبير فى المقاومة ، وهو ما يلاحظ عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى ؛ حيث تزداد الإصابة ببعض الأمراض .

٦ – توجد علاقة طردية موجبة بين إنتاج الـ Pisatin وتركيز جراثيم معلق جراثيم الفطر المستخدم فى العدوى ، سواء أكان الفطر من طفيليات البسلة الطبيعية ، أم غير ذلك.

أنواع الفيتوالاكسينات التى تنتجها النباتات

يعتقد Keen (١٩٨١) أن إنتاج الفيتوألاكسينات ظاهرة عامة فى جميع النباتات ، ويرجع عدم اكتشافها فى بعض الأمراض إلى أن الطرق المعروفة لإنتاج واستخلاص الفيتوألاكسينات ليست صالحة لكل الحالات المرضية .

وقد أنتجت الفيتوألاكسينات بالفعل من ١٠٠ نوع نباتى على الأقل تمثل ٢١ عائلة . ومن أمثلة النباتات التى عزلت منها الفيتوألاكسينات : الفاصوليا ، واللوبيا ، وفاصوليا الليما ، وفول الصويا ، والفول الرومى ، والبسلة ، والدخان ، والبطاطس ، والفلفل ، والبنجر ، والقطن ، والجزر ، والبطاطا .

يلاحظ أن النبات الواحد قد ينتج أكثر من فيتوألاكسين واحد ، كما قد ينتج الفيتوألاكسين الواحد بأكثر من نوع نباتى ، و بفعل أكثر من عامل أو مسبب مرضى ، فمثلا :

١ – تنتج الفاصوليا الفيتوألاكسينات : Phaseollin ، و Phaseollidin ، وKievitone ، و Phaseollinisoflavan .

٢ – تنتج اللوبيا الفيتوألاكسينات : Phaseollidin, Phaseollin ، و Kievitone .

٣ – تنتج البسلة الفيتوألاكسينات : Pisatin ، و Mackiain (Deverall ١٩٧٧).

٤ – عُزِلَ الفيتوألاكسين : Hydroxyphaseollin من أوراق فول الصويا بعد نحو

٣٠ ساعة من عدواها بفيرس تحلل الدخان Tobacco Necrosis Virus ، وازداد تركيز الفيتوألاكسين المنتج بالأوراق تدريجيا حتى ٤٨ - ٧٢ من العدوى بالفيرس ، ثم انخفض بعد ذلك . وكان إنتاج الفيتوألاكسين متناسبا - طرديا - مع عدد البقع المرضية بالورقة (Klarman & Hammerschlag ١٩٧٢) .

ونذكر - فيما يلى - قائمة بالفيتوألاكسينات التى تنتجها بعض العائلات النباتية التى درست فيها ظاهرة إنتاج الفيتوألاكسينات بشيء من التفصيل (عن Dixon ١٩٨١) :

العائلة	أنواع الفيتوألاكسينات التى تنتجها
البقولية Leguminosae	medicarpin, pisatin , phaseollin. glyceollin (peterocarpans) , vetitol, sativan , phaseollin - isoflavan (isoflavans), Kievitone (isoflavanone), wyerone, wyerone acid
الباذنجانية Solanaceae	rhisitin , phytotuberin , capsidol, glutinosone (terpenoids)
الخبازية Malvaceae	vergosin , hemigossypol
الخيمية Umbelliferae	xanthotoxin
العليقية Convolvulaceae	ipomeamarone
المركبة Compositae	safynol , dehydroxysafynol
الأوركيدية Orchidaceae	orchinol , hircinol

ولمزيد من التفاصيل عن الفيتوألاكسينات التى تنتجها مختلف العائلات النباتية .. يراجع Ingham (١٩٨٢) بشأن العائلة البقولية ، و Kuc (١٩٨٢) بشأن العائلة الباذنجانية ، وCoxon (١٩٨٢) بشأن العائلات الأخرى .

الخصائص الطبيعية والكيميائية للفيتوالاكسينات

درس الباحثون الخصائص الطبيعية والكميائية لعديد من الفيتوألاكسينات ، ونذكر فيما يلى بعض الخصائص الكميائية لبعض الفيتوألاكسينات الهامة (عن Cruickshank ١٩٦٣، وWain ١٩٧٧) .

الفيتوألاكسين	الوزن الجزيئى	التركيب الكميائى	الاسم الكيميائى
Pisatin من البسلة	٣١٤	$C_{17}H_{14}O_6$	3 - hydroxy - 7-methoxy-4',5'-methylenedioxy- chromanocumarane
Ipomeamarone من البطاطا	٢٣٠	$C_{15}H_{22}O_3$	2 - methyl-2 - (4-methyl -2 - oxypentyl)- 5 - (3- furfyl , tetrahydrofuran
Orchinol	٢٥٦	$C_{16}H_{16}O_3$	9,10 - dihydro-2 ,4 - dimethoxy-6 - hydroxy - phenanthre
Isocumarin من الجزر	٢٠٨	$C_{11}H_{12}O_4$	3 - methyl- 6 - methoxy - 8- hydroxy- 3, 4 - dihydroxy - isocumarin

وقد أمكن تمثيل عدد من الفيتوألاكسينات معمليا ، نذكر منها ما يلى :

الفيتوألاكسين	المصدر الطبيعى له
Pisatin	البسلة
Rishitin	البطاطس
Vignafuran	اللوبيا
Orchinol	جنسان من العائلة الأوركيدية Orchidaceae

وللتفاصيل الخاصة بالخصائص الطبيعية والكيميائية للفيتوألاكسينات .. يراجع Cruickhank & Perrin (١٩٧٣) بخصوص الـ Phaseollin ، و Cruickshank (١٩٦٥) بخصوص الـ Pisatin ، و Katsui وآخرون (١٩٦٨) بخصوص الـ Rishitin ، و Deverall (١٩٧٧) ، و Wain (١٩٧٧) . بخصوص الفيتوألاكسنيات بصورة عامة .

مصادر إضافية خاصة بالفيتو الاكسينات

أشير إلى عديد من المراجع الهامة أثناء مناقشة موضوع الفيتوألاكسينات ، ونؤكد فى القائمة التالية على بعضها ، ومراجع إضافية ، كمصادر هامة لدراسات الفيتوألاكسينات :

المرجع	الموضوع
Muller (١٩٦١)	مقال كلاسيكى عن الفيتوالاكسينات
Cruickshank (١٩٦٣)	عام
Cruickshank (١٩٦٥)	دراسات مفصلة على البيزاتين
Kuc (١٩٧٢)	عام
Dixon (١٩٨٠)	إنتاج الفيتوالاكسينات فى مزارع الأنسجة
Cruickshank (١٩٨٠)	الجوانب العملية لدراسة الفيتوالاكسينات
Keen (١٩٨١)	تقييم لدور الفيتوالاكسينات
Bailey (١٩٨٢ أ)	شامل لكل جوانب الموضوع
Bailey (١٩٨٢ ب)	عام
Mansfield (١٩٨٢)	فسيولوجى الدور الذى تلعبه الفيتوالاكسينات فى مقاومة مختلف مسببات الأمراض
Bailey & Mansfield (١٩٨٢)	شامل

طبيعة المقاومة للنيماتودا

تكررت الإشارة إلى طبيعة المقاومة للنيماتودا فى هذا الفصل ، إلا أنها لم تحظ بنصيب وافر من الأمثلة التى تركزت على غيرها من المسببات المرضية . ولذا .. نتناول فيما يلى هذا الموضوع على وجه التخصيص .

تتعدد الوسائل التى تقاوم بها النباتات النيماتودا كما يلى :

١ – المقاومة للاجتياح Resistance to Invation ، أو الاختراق Penetration :

ربما لايمكن للنيماتودا – فى حالات خاصة – اجتياح جذور النباتات المقاومة بنفس الأعداد التى تجتاح بها جذور النباتات القابلة للإصابة ، و لكن تلك حالات شاذة ، ففى أغلب الأحيان تجتاح النيماتودا جذور النباتات المقاومة بنفس الكثافة التى تجتاح بها جذور النباتات القابلة للإصابة ، ثم تظهر الفروق بينهما بعد ذلك . فبعد أيام قليلة من ذلك الاجتياح .. تبدأ النيماتودا التى اجتاحت جذور النباتات القابلة للإصابة فى تكوين خلايا عملاقة ، وتكمل دورة حياتها وتتكاثر ، بينما تتناقص أعداد النيماتودا التى اجتاحت جذور

النباتات المقاومة ، ولايمكنها التكاثر فيها وتموت ، أو قد تبرح الجذور إلى التربة مرة أخرى.

٢ – المقاومة للاصابة Resistance to Infection :

أوضحت الدراسات التى أجريت على عديد من أصناف وسلالات فول الصويا المقاومة والقابلة للإصابة بثلاثة أنواع من نيماتودا تعقد الجذور (Meloidogyne spp.) أن جميع الحالات التى يوجد فيها توافق تام بين العائل والنيماتودا تشترك معا فى صفات معينة للخلايا العملاقة التى تتكون بها ، فهى تكون كبيرة ، وذات جدر سميكة ونوايا عديدة وفجوات قليلة .

أما الحالات التى لا يظهر فيها ذلك التوافق بين العائل والنيماتودا (حالات المقاومة) .. فإنها تأخذ طابعا مختلفا ، كما تختلف – فيما بينها – عن حالة التوافق التام (حالة القابلية للإصابة) التى سبق بيانها . ففى بعض الحالات ..تموت الخلايا حول اليرقات سريعا بعد اجتياحها للنبات ، وفى حالات أخرى .. تكون الخلايا العملاقة صغيرة ، وتظهر بها محتويات خلوية غير طبيعية ، وفى حالات ثالثة .. تكون الخلايا العملاقة مكتملة التكوين ، ولكن يكون فيها السيتوبلازم ممتلئا بفجوات كبيرة الحجم لاترى أبدا فى الحالات المتوافقة.

يستدل من الملاحظات السابقة على أن عدة جينات قد تتفاعل معا خلال دورة حياة النيماتودا، و أن المقاومة قد تنتج من تفاعل جينات فى النبات والطفيل تؤثر فى أى من مراحل تكوين الخلايا العملاقة . كما قد توجد جينات تؤثر فى اجتذاب النيماتودا واختراقها لجذور العائل كذلك .

٣ – تمثيل مركبات مضادة للنيماتودا بعد اختراقها للعائل :

برغم اكتشاف تمثيل نباتات الفاصوليا لمركب مثبط للنيماتودا Pratylenchus scribneri بعد اختراقها لجذور النبات ، إلا أنه لا يبدو شيوع هذا النظام للمقاومة ضد النيماتودا فى النباتات . وتعرف حالات تكوّن فيها خلايا العائل حاجزا من الخلايا غير المنفذة للماء والسوائل حول النيماتودا أثناء موتها .

٤ – تواجد مركبات سامة للنيماتودا قبل اختراقها للعائل :

تحتوى بعض النباتات المقاومة للنيماتودا على مركبات ضارة لها ، فتوجد الفينولات بتركيزات عالية فى النباتات المقاومة . وتقاوم بعض أنواع القطيفة marigold نيماتودا تقرح الجذور .Pratylenchus spp وبعض الأنواع النيماتودية الأخرى باحتواء أنسجتها على مركبين سامين للنيماتودا ؛ هما : alpha - terthienyl ، و bi - thienyl ، حيث يؤديان إلى قتل النيماتودا بمجرد اختراقها للجذور . ومن بين ١٧٥ نوعا من العائلة المركبة تم تقيميها لمقاومةالنيماتودا P.penetrans .. كانت المقاومة فى ٧٠ نوعا منها مرتبطة باحتوائها على مركبات سامة للنيماتودا . وتحتوى جذور الهليون على مركب جليكو سيدى سام للنيماتودا ، كما اكتشفت مركبات مماثلة فى بعض الصليبيات ، وفى بعض أصول الحمضيات . ومما يؤيد شيوع وجود مثل هذه المركبات فى النبات أن إضافة البقايا النباتية – لعديد من النباتات – إلى التربة يقتل النيماتودا التى توجد بها (Dropkin ١٩٨٠).

ويمكن إجمال طبيعة مقاومة النباتات للنيماتودا فيما يلى :

١ – عدم إفراز الجذور لمركبات تجذب إليها النيماتودا .

٢ – عدم قدرة اليرقات على اختراق الجذور .

٣ – عدم مناسبة أنسجة الجذور لنمو النيماتودا بها بعد اختراقها لها .

٤ – عدم استجابة العائل للنيماتودا ، أى عدم تكوينه لخلايا عملاقة .

٥ – فرط حساسية العائل للنيماتودا .

٦ – تكوين جذور العائل لطبقة من بيريدرم الجروح تحيط بالنيماتودا بعد اختراقها لها (عن Fassulitotis وآخرين ١٩٧٠) .

ويذكر Taylor & Sasser (١٩٧٨) أنه لم يوجد أى فرق جوهرى بين عدد يرقات بنيماتودا تعقد الجذور التى اخترقت جذور أصناف الطماطم المقاومة والأصناف القابلة للإصابة ، و لكن حالة المقاومة تكون مصاحبة بما يلى :

١ – يظهر تحلل Necrosis بموضع الاختراق .

٢ – لا تتكون خلايا عملاقة .

وكنتيجة لذلك .. فإن اليرقات التى تخترق جذور النباتات المقاومة يكون مآلها إلى أى

ممايلى :

١ – تتطور إلى أنثى غير قادرة على إنتاج البيض ، أو تنتج بيضا مشوها .

٢ – تتطور إلى ذكر .

٣ – يتوقف التطور فى مرحلة الانسلاخ الثانى أو الثالث أو الرابع .

٤ – تموت .

٥ – أو تترك الجذور وهى مازالت فى الطور اليرقى الثانى ، لتخترق جذرا آخر .

ويكون التطور الجزئى للنيماتودا مصاحبا بظهور بعض الثآليل على الجذور ، و يصاحب كل ذلك انخفاض فى أعداد النيماتودا فى الحقول المزروعة بالأصناف المقاومة .

وتمر النيماتودا المتحوصلة بأحداث مماثلة إلى حد كبير فى جذور أصناف البطاطس المقاومة لها .. فنجد أن بعض النيماتودا يفقس بالقرب من الجذور ، وتخترق اليرقات أنسجة الجذور المقاومة مثلما تخترق جذور النباتات القابلة للإصابة ، و لكن لاتتكون إناث ناضجة (أى Cysts) فى الأصناف المقاومة ، إما لموت اليرقات بها ، و إما لأنها تتطور إلى ذكور. وبذا .. تنخفض أعداد النيماتودا فى التربة (عن Russell ١٩٨٧) .

ولمزيد من التفاصيل عن طبيعة المقاومة للنيماتودا فى النباتات .. يراجع Rhode (١٩٧٢) ، و Dropkin (١٩٨٠) .

طبيعة المقاومة للفيروسات

سبق أن أشرنا – فى هذا الفصل – إلى عديد من الأمثلة التى تمس طبيعة المقاومة للفيروسات . ونضيف – فيما يلى – بعض الجوانب التى تتعلق بطبيعة مقاومة الفيروسات على وجه التخصيص .

إنتاج مضادات الفيروسات

كان Chada & MacNeil (١٩٦٩) هما أول من أشارا إلى إنتاج النباتات لمواد مضادة للفيروسات Anti Viral Principles (اختصارا : AVPs) ، و كانت دراساتهما على طماطم مصابة جهازيا بفيرس موزايك الدخان . وقد وجد الباحثان أن خلط الـ AVPs بفيرس تبرقش الدخان المستعمل فى عدوى الطماطم ، أو معاملة النباتات بها قبل عدواها

بالفيرس أدى إلى خفض شدة إصابة النباتات بالفيرس . وقد بدأ إنتاج الـ AVPs فى المراحل المبكرة للإصابة ، ومع الزيادة فى إنتاجها انخفض تركيز الفيرس فى النبات تدريجيا ، وضعفت فاعليته فى إحداث إصابات جديدة . ولم يكن إنتاج الـ AVPs مصاحبا بأية أعراض لفرط الحساسية .

كذلك عزلت مركبات مماثلة للـ AVPs من عصير نباتات Nicotiana glutinosa مصابة بفيرس تبرقش الدخان ، و من الأنصاف الطرفية - غير المعدية - لأوراق نباتات Datura strammonium عندما لقحت أنصافها القاعدية بفيرس تبرقش الدخان ، أو بفيرس تحلل الدخان Tobacco Necrosis Virus .

كان أعلى إنتاج للـ AVPs من نباتات الطماطم المصابة جهازيا بفيرس تبرقش الدخان فى حرارة ٢٦°م ، بينما لم تنتج هذه المضادات الفيروسية فى حرارة ٣٢°م وهى درجة غيرمناسبة لتكاثر الفيرس ، كما وجد أن الـ AVPs المنتجة فى نسيج نباتى تنتقل إلى الأنسجة الأخرى حيث يمكن أن تؤثر على الإصابة بفيرس تبرقش الدخان فيها .

وتبين لدى مقارنة نباتات الطماطم المقاومة لفيرس تبرقش الدخان بالنباتات القابلة للإصابة تشابه الـ AVPs مع الفيتوألاكسينات من حيث النواحى التالية :

١ - يتكون كلاهما بعد التفاعل بين العائل والمسبب المرضى .

٢ - يتكون كلاهما فى الأصناف المقاومة والأصناف القابلة للإصابة ، لكن بسرعة أكبر فى الأصناف المقاومة .

٣ - يكون التركيز النهائى لأى منهما أعلى فى الأصناف المقاومة - مما فى الأصناف القابلة للإصابة - بدرجة تكفى لوقف تكاثر المسبب المرضى (Nazeem ١٩٧٣) .

مقاومة الكائنات الناقلة للفيروسات

يعنى بذلك مقاومة النباتات لانتقال الفيرس عن طريق الكائن الناقل له Vector ، برغم أن النبات نفسه قد يكون قابلا للإصابة بالفيرس . ومن أمثلة حالات المقاومة للكائنات الناقلة للفيروسات ما يلى :

١ - مقاومة المن :

تتوفر اختلافات كبيرة بين النباتات فى مقاومتها للمن الناقل للفيروسات ، وتعتمد هذه المقاومة على عديد من العوامل ، منها ما يلى :

أ – منع المنْ من الطيران حتى لا يكرر إصابته لنباتات جديدة ، ويتحقق ذلك بالأسطح النباتية اللزجة .

ب – تربية أصناف لاتمكن المن من الوصول إلى اللحاء ، فيموت جوعا ، إلا أن ذلك قد يحفزها على الطيران إلى نباتات أخرى للبحث عن الغذاء ، الأمر الذى قد يزيد من انتشار الفيرس فى الحقل .

جـ – الاستفادة من التباينات المتوفرة فى ألوان النباتات فى الحد من انجذاب المن للنباتات ، إذ إنه أكثر انجذابا للونين الأصفر والبرتقالى ، مقارنة بالدرجات المختلفة للون الأخضر . كما أن النموات النباتية الخضراء التى تغطى الحقل بالكامل أقل جاذبية للمن من الحقول التى يمتزج فيها اللون الأخضر بلون التربة . وبذا .. فإن تربية أصناف سريعة الإنبات والنمو ، لتغطى التربة بسرعة ببساط أخضر قد تفيد فى مقاومة المن .

د – الاستفادة من شعيرات البشرة التى تؤدى – فى الفاصوليا على سبيل المثال – إلى جرح حشرات المن وشل حركتها .

هـ – الاستفادة من التباينات فى الغطاء الشمعى لأوراق وسيقان النباتات ، نظرا لأن بعض أنواع المن – مثل من الخوخ الأخضر – تفضل الأوراق الشمعية ، بينما لا تناسب هذه الطبقة الشمعية أنواعا أخرى .

و – فى التفاح .. تعيق الأنسجة الاسكليرونشيمية – فى الأصناف المقاومة – وصول حشرة من التفاح الصوفى إلى اللحاء .

هذا .. إلا أنه نادرا ما كانت مكافحة الفيرس هى الهدف فى أى برنامج تربية لمقاومة المن .

٢ – مقاومة نطاطات الأوراق :

تعد معظم الفيروسات التى تنقلها نطاطات الأوراق Circulative – أى تدخل فى الجهاز

الدورى للحشرة – بينما القليل منها non circulative . وقد عرف فى عام ١٩٧٦ أن نطاطات الأوراق ونطاطات النباتات تنقل إلى النباتات – بالإضافة إلى الفيروسات – كلا من الميكوبلازمات والريكتسيات .

اكتشفت المقاومة فى الأرز لكل من نطاط أوراق الأرز الأخضر green rice leafhopper، وكانت بسيطة وسائدة ، ونطاط النبات البنى brown planthopper ، ووجد أنه يتحكم فيها جنيان : أحدهما سائد ، والآخر متنح (عن Mamorosch ١٩٨٠).

دور الفينولات فى مقاومة الأمراض

تكررت الإشارة إلى الفينولات Phenols أثناء مناقشة طبيعة المقاومة للأمراض ، والواقع أنها تلعب دورا كبيرا فى المقاومة ، سواء وُجدت طبيعيا فى النبات قبل حدوث الإصابة ، أم تكونت بعد العدوى بالمسبب المرضى .

ومن المعروف أن المركبات الأروماتية Aromatic Compounds تزيد فى أنسجة النباتات المصابة ، وتكون الزيادة غالبا أسرع فى النباتات المقاومة منها فى النباتات القابلة للإصابة . كذلك تشيع فى النباتات أنواع مختلفة من الجلوكوسيدات Glucosides ، يهمنا منها الجلوكوسيدات الفينولية ، ذلك لأن معظم الكائنات الدقيقة المرضة تحتوى على إنزيم بيتا جلوكوسيديز Beta glucosidase الذى يفترض أنه يقوم بتحليل الجلوكوسيدات الفينولية لينتج منها الأجكيلون Aglycone الذى يلعب دورا هاما فى مقاومة الأمراض (عن Tomiyama ١٩٦٣) .

ولمزيد من التفاصيل عن دور الفينولات فى مقاومة الأمراض .. يراجع Kosuge (١٩٦٩).

أهمية النشاط الحيوى للنبات فى مقاومته للأمراض

سبقت الإشارة إلى أهمية توفر الأكسجين بالنسبة لإنتاج الفيتوألاكسينات ، كما تعرف حالات عديدة تختفى فيها مقاومة النباتات للأمراض لدى معاملتها بالمواد الموقفة للتنفس ، فمثلا : وجد أن مقاومة سيقان الطماطم للذبول الفيوزارى تزول لدى معاملتها بأى من مثبطات التنفس : Tniourea ، أو 2 , 4 - D ، أو Sodium dithiocarbamate ،

أو Sodium fluoride ، واستنُتج من ذلك أن المقاومة ترتبط بالنشاط الحيوى للعائل ، وربما يتحكم فيها مادة تنتج باستمرار ، ويلزم لإنتاجها طاقة يحصل عليها من التنفس (عن Walker ١٩٦٥) .

كذلك وجد أن الفطر Piriculari oryzae المسبب لمرض rice blast فى الأرز ينتج مركب الـ piricularin الذى يقلل بشدة من التنفس فى أنسجة النباتات المصابة ، ويمنع نشاط إنزيمى الـ Cytochrome oxidase ، و الـ Ascorbic acid oxidase . ولمزيد من التفاصيل عن النشاط الحيوى وأهميته فى المقاومة للأمراض .. يراجع Hare (١٩٦٦) .

علاقة منظمات النمو النباتية بمقاومة الامراض

من المعروف أن الأوكسينات تقلل عموما من نمو الفطريات ، حيث تكون المقاومة مرتبطة عادة بمستوى عال من الأوكسينات . وقد تنتج الفطريات المتطفلة الإنزيم IAA oxidase الذى يعمل على تحليل الأوكسين إندول حامض الخليك . ولكن قد تلعب بعض البولى فينولات polyphenols مثل : حامض الكافيك Caffeic Acid ، وحامض الكلوروجينك Chlorogenic Acid – وهى مثبطات قوية لإنزيم IAA oxidase – دورا هاما فى وقف عمل هذا الإنزيم الذى يفرزه الطفيل ، و بذا .. يصبح النبات مقاوما . وقد تلعب البولى فينولات دورا آخر فى المقاومة من خلال أكسدتها للتريتوفان Tryptophane إلى إندول حامض الخليك .

ويعرف كذلك دور الـ Kinetin ، و الـ benzimidazole فى استمرار مقاومة أوراق النجيليات للأصداء بعد فصلها عن النباتات . ولا تنمو فطريات البياض الدقيقى على أوراق الخيار الطافية على محلول من الكاينتين برغم قابلية هذه الأوراق للإصابة بعيدا عن منظم النمو .

ومن ناحية أخرى .. وجد Kochba & Samish (١٩٧١) أن معاملة بادرات الخوخ المقاومة للنيماتودا Meloidogyne javanica بالكاينتين أو نفثالين حامض الخليك NAA أفقدها مقاومتها .

وبالنسبة للجيريللينات .. أدت معاملة نباتات الطماطم بحامض الجيريلليك إلى زيادة

قابليتها للإصابة بذبول فيرتيسيليم ، بينما أدت المعاملة بالـ CCC – وهو مضاد للجبريللين – إلى زيادة المقاومة .

ولمزيد من التفاصيل عن دور منظمات النمو فى مقاومة الأمراض .. يراجع Sequira (١٩٦٣).

طبيعة حالات الإفلات من الإصابات المرضية

تبدو النباتات التى تفلت من الإصابة بمسبب مرضى – أو أية آفة أخرى – وكأنها مقاومة لذلك المرض ، و لكن تلك الحالات لا تنتمى إلى المقاومة الوراثية للآفات ، برغم أنها قد ترجع إلى عوامل وراثية معينة توجد فى تلك النباتات ، و من أمثلتها ما يلى :

١ – نمو ونضج النبات مبكرا قبل حلول الموسم الذى تشتد فيه الإصابة بالآفة .

٢ – عدم تعرض العضو النباتى – الذى تحدث من خلاله الإصابة – للمسبب المرضى ، كما فى أصناف الشعير التى لا تتفتح أزهارها ، مما يؤدى إلى عدم إصابتها بالفطر Ustilago nuda المسبب لمرض التفحم السائب ، الذى يصيب النباتات أثناء تفتح أزهارها.

كذلك لايتمكن الفطر Claviceps purpurea – المسبب لمرض الإرجوت ergot فى النجيليات – من إصابة أصناف القمح والشعير التى تبقى أزهارها مغلقة إلى حين إنتهاء التلقيح والإخصاب .ففى مثل هذه الأصناف .. لا تتوفر لجراثيم الفطر الفرصة لدخول الأزهار وإصابة الميسم فى المرحلة التى يكون فيها قابلا للإصابة . ويصعب أن نتخيل إمكانية إنتاج الفطر لسلالات فسيولوجية جديدة قادرة على التغلب على هذا الوضع . ومع ذلك .. فإنه يمكن إحداث الإصابة بالإرجوت – فى هذه الأصناف – بحقن جراثيم الفطر فى الأزهار المغلقة وقت حدوث التلقيح ، أو قرب حدوثه فيها .

٣ – يسهم النمو الورقى القائم erect فى النجيليات فى الإفلات من الإصابة بالبياض الدقيقى ، حيث وجد أن أعداد جراثيم الفطر Erysiphe graminis المسبب للمرض التى تسقط على نباتات الشعير ذات الأوراق القائمة تكون أقل من الأعداد التى تسقط على النباتات ذات الأوراق المتدلية prostrate . ويحدث نفس الشىء بالنسبة للإصابة بالفطر Puccinia striiformis المسبب لمرض الصدأ الأصفر (المخطط) فى

القمح (عن Russell ١٩٧٨) .

٤ - تعد حالة الـ Klendusity - هى الأخرى - نوعا من الإفلات من الإصابة ، لأن النبات الـ Klendusic هو - فى واقع الأمر - نبات قابل للإصابة . وقد اقتصر استخدام هذا المصطلح على وصف حالات الهروب من الإصابة بحشرات معينة ، أو بفيروسات معينة تنقلها الحشرات . ويمكن وصف هذه الحالة بأنها إفلات صنف ، أو تركيب وراثى معين من الإصابة عندما يتواجد مع أصناف ، أو تراكيب وراثية أخرى فى نفس الموقع ، لأن الآفة الحشرية ، أو الحشرة الناقلة للفيرس تفضل الأصناف ، أو التراكيب الوراثية الأخرى عليه . أما إذا وجد هذا الصنف أو التركيب الوراثى بمفرده فإنه يصاب بصورة عادية .

يتبين مما تقدم أن ظاهرة الـ Klendusity ليس لها فائدة تطبيقية ، كما أنها قد تقود المربى إلى نتائج خاطئة عند تقييمه لمجموعة من الأصناف ، أو التراكيب الوراثية فى نفس الموقع فى آن واحد ، إذ يلزم فى هذه الحالة إحداث العدوى الصناعية لكل منها منفردا .

ولمزيد من التفاصيل عن حالات الهروب من الإصابة .. يراجع Agrios (١٩٨٠) .


القسم الثانى
التربية لمقاومة الآفات الاخرى
(الحشرات - الاكاروسات - الطيور - الرخويات - النباتات المتطفلة)



التربية لمقاومة الآفات الأخرى

أولاً: التربية لمقاومة الحشرات والأكاروسات

ندمج مناقشتنا عن التربية لمقاومة الحشرات والأكاروسات معاً فى هذا الفصل ؛ لأنهما غالباً ما يُذكران معاً فى الدراسات العلمية الاستعراضية التى تتناول هذا الموضوع .

مقدمة

تقدر الخسائر المباشرة التى تسببها الحشرات بنحو ١٤ ٪ من الإنتاج العالمى لمختلف المحاصيل الزراعية . أما الخسائر المباشرة وغير المباشرة (مثل نقل الحشرات للفيروسات والأضرار التى تحدثها الحشرات للحبوب المخزنة) للحشرات والحيوانات الأخرى بمختلف أنواعها .. فربما تزيد على ٢٥ ٪ من المحصول العالمى لكافة النباتات المزروعة (عن Russell ١٩٨٧) . وبالرغم من ذلك .. فلم تحظ التربية لمقاومة الحشرات ، والآفات الحيوانية الأخرى غير النيماتودا بالقدر الذى تستحقه من الاهتمام الذى يتمشى مع ما تحدثه من خسائر . فمثلا .. يذكر Stoner (١٩٧٠) أن غالبية الأبحاث التى نشرت عن المقاومة للحشرات فى محاصيل الخضر – حتى عام ١٩٧٠ – لم تتعد تسجيل اختلافات بين الأصناف والسلالات المزروعة فى مقاومتها للحشرات . ولم يُنْتِجْ وينشر مربو الخضر زراعة أى صنف كانت فيه المقاومة للحشرات إحدى صفاته الهامة باستثناء صنف البطاطس سيكويا Sequoia الذى كان مقاوما لكل من الخنفساء البرغوثية ونطاطات الأوراق ؛ إلا أن

محاصيل الحقل حظيت بعناية أكبر نسبياً ؛ حيث أنتجت بعض الأصناف المقاومة لحشرات معينة .

وفيما مضى .. كان المزارعون مترددين فى استخدام الأصناف المقاومة للحشرات كبديل للمكافحة الكيميائية ، لكن مع ازدياد الرقابة على استخدام المبيدات ، وتعاظم الشروط التى يتعين الالتزام بها عند اتباع المكافحة بالمبيدات .. أصبح استخدام الأصناف المقاومة للحشرات يلقى قبولا متزايدا لدى كل من المنتج ، والمستهلك ، والمشرِّع على حد سواء . وفى الدول النامية ، حيث ربما لا تتوفر المبيدات المناسبة بالأسعار وفى الوقت المناسب للمكافحة .. فإن زراعة الأصناف المقاومة للحشرات يشكل عنصراً هاماً فى نجاح الزراعة وخفض نفقات الإنتاج .

وغنى عن البيان أن الاستثمار فى مجال التربية لمقاومة الحشرات ذو عائد مجز ؛ فمثلا .. قدرت تكاليف برامج التربية التى أجريت لإنتاج أصناف من القمح مقاومة لذبابة هسيّان Hessian Fly ، والـ Wheat Stem Sawfly ، ومن البرسيم الحجازى مقاومة لمنّ البرسيم الحجازى المبقع ، والذرة المقاومة لحفار ساق الذرة الأوروبى .. قدرت بنحو ٩٫٣ مليون دولار . وفى المقابل .. بلغ التوفير الناتج من زراعة هذه الأصناف حوالى ٣٠٨ ملايين دولار سنوياً ، أو أكثر من ثلاثة بلايين دولار على مدى عشر سنوات ، وهى نسبة عائد تبلغ نحو ٣٠٠ : ١ (عن Tingey ١٩٨١) .

الوضع التقسيمى والأهمية النسبية للحشرات والأكاروسات

تنتمى الحشرات والأكاروسات إلى قبيلة المفصليات Phylum Arthopoda . ويزيد عدد الأنواع التى تضمها هذه القبيلة عما يوجد فى أية قبيلة أخرى . تتوزع هذه الأنواع على ثلاثة أقسام رئيسية Classes (هى : Myriapoda ، و Arachnide ، و Insecta) تضم – فيما بينها – جميع الأنواع التى تعتبر الآفات الرئيسية للمحاصيل المزروعة ، ولكنها تضم كذلك عددا من الأنواع النافعة . ونذكر – فيما يلى – بيان بهذه الأقسام الثلاثة .

أولا : Class Myriapoda

يضم هذا القسم الحيوانات التى تعرف باسم Millipedes، وهى تتغذى على النباتات،

خاصة بنجر السكر ، والبسلة ، والفاصوليا ، والجزر ، والبطاطس ، ولم تعط هذه الآفات أهمية تذكر فى مجال التربية للمقاومة ؛ لأن أضرارها ليست كبيرة .

ثانيا : Class Arachnida

يضم هذا القسم الأكاروسات والعناكب Mites ، التى يعد بعضها من أكثر الآفات التى تحدث أضراراً للنباتات مثل العنكبوت الأحمر Red Spider Mite (أو العنكبوت ذات البقعتين Two Spotted Mite)الذى يسمى علمياً Tetranychus urticae . تتغذى هذه الآفة على مدى واسع جداً من الأنواع النباتية (مثل : الفاصوليا ، والطماطم ، والقرعيات ، والقطن ، وفول الصويا ... وغيرها) حيث تقوم بامتصاص العصارة من السطح السفلى للأوراق . وفى الإصابات الشديدة تصبح الأوراق مرقشة وصفراء ، أو برونزية اللون .

تكافح العناكب فى الحقل عادة بالرش بالمبيدات الأكاروسية Acaricides التى تشمل عديدا من المركبات العضوية الفوسفورية . وقد أدى استخدام هذه المبيدات على نطاق واسع لعدة سنوات إلى ظهور سلالات من العناكب مقاومة لها ، علما بأن السلالة المقاومة لمبيد ما تكون مقاومة كذلك لجميع المبيدات الأخرى التى من نفس المجموعة . ولذا .. اتجه الاهتمام نحو الوسائل الأخرى لمقاومة الآفة مثل المكافحة البيولوجية ، وتربية الأصناف المقاومة لها .

ففى مجال المكافحة البيولوجية .. استخدمت أنواع أخرى من العناكب المفترسة التى تنتمى للجنس Phytoseilus spp. ، وتعيش على افتراس عناكب أخرى مثل العنكبوت الأحمر . وقد أعطت هذه المفترسات نتائج جيدة تحت ظروف البيوت المحمية عندما أدخلت فيها فى الوقت المناسب ، الذى يكون قبل تكاثر الآفة بفترة قصيرة ، ولكن الأمر يتطلب عادة تزويد الصوبة الواحدة عدة مرات بالمن المفترس ليمكن الحصول على مكافحة تامة ؛ الأمر الذى يصعب تنفيذه على نطاق واسع .

أما فى مجال التربية للمقاومة .. فقد وجدت اختلافات وراثية كبيرة بين الأصناف النباتية فى قابليتها للإصابة بمختلف العناكب ، فمثلا :

١ – وجدت اختلافات وراثية بين أصناف الـ Black Current فى قابليتها للإصابة بالأكاروس Cecidophyopsis ribis (أو عنكبوت الثآليل Gall Mite) ، وتبين أن المقاومة

يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Ce ، أكسب هذا الجين النباتات مقاومة ضد فيرس Blackcurrent Reversion Virus الذى ينتقل بواسطة هذا الأكاروس .

٢ - اكتشفت مصادر فى القطن لمقاومة كل من العنكبوت الأحمر العادى T. urticae ، والعنبكوت الأحمر الصحراوى T . desertorum

٣ - اكتشفت كذلك أصناف من فول الصويا مقاومة للعنكبوت الأحمر العادى .

وسنأتى خلال هذا الفصل على ذكر أمثلة لحالات أخرى للمقاومة . وجدير بالذكر أن الأكاروسات تتمتع بقدرة فائقة على تكوين سلالات مقاومة للمبيدات ، لذا .. فإنه من المنتظر ظهور سلالات مماثلة قادرة على كسر مقاومة الأصناف المقاومة .

ثالثا : Class Insecta

يضم هذا القسم جميع الحشرات المعروفة موزعة على ثلاثة تحت أقسام كما يلى :

١ - Sub class Apterygota .

يضم حشرات بدائية عديمة الأجنحة معظمها عديم الأهمية من الوجهة الزراعية . ومن أهمها الـ Springtails ، وهى الحشرات التى تتبع رتبة Collembola التى يشيع وجودها فى معظم الأراضى ، محدثة أحيانا أضرارا بجذور بنجر السكر ، لكن معظمها يفيد فى المحافظة على خصوبة التربة . تكافح هذه الحشرات - عند الضرورة - بالمبيدات المناسبة ، ونظرا لقلة أهميتها .. فإنها لم تلق أى اهتمام من جانب مربى النباتات .

٢ - Sub Class Exopterygota .

يضم حشرات مجنحة فيها الحوريات nymphs عبارة صورة مصغرة للحشرات البالغة Miniature Adults ، ويشتمل على عدد كبير من أشد الآفات فتكاً بالمحاصيل الزراعية مثل : الجراد ، والمن ، ونطاطات الأوراق ، والتربس . وتصل الحوريات إلى طور الحشرة البالغة خلال سلسلة من المراحل الانسلاخية التى يطلق عليها اسم Instars .

يشتمل تحت القسم Exopterygota على ١٦ رتبة ، ولكن أكثر الآفات أهمية تنتمى إلى

ثلاث رتب فقط هى :

أ - رتبة مستقيمة الأجنحة Orthoptera :

تضم هذه الرتبة الأنواع المختلفة من الجراد ، وهى حشرة تتغذى على معظم النباتات الخضراء التى تجدها فى طريقها أثناء ترحالها . وقد وجد فى أمريكا الجنوبية أن صنف الذرة Armago يعد مقاوماً للجراد Schistocera paranesis ، وأن صفة المقاومة يتحكم فيها جين واحد متنح .

وبرغم أنه لم تجر محاولات جادة للبحث عن مصادر لمقاومة الجراد فى المحاصيل الأخرى ، إلا أن الأمر يستحق الدراسة . ومن الصفات الهامة التى يتعين أخذها فى الحسبان : مدى استساغة الجراد للمحصول ، ومدى قدرة المحصول على استعادة نموه سريعاً بعد تعرضه لأضرار تغذية الجراد عليه .

ب - رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera :

تضم هذه الرتبة التربس الذى يعد من الآفات الحشرية الهامة ، وينقل للطماطم فيرس الذبول المتبقع .

جـ - رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera :

تضم هذه الرتبة حشرات صغيرة ذات أجنحة شفافة وأجزاء فم ثاقبة ماصة ، والتى منها : المن ، وبق النباتات Plant Bugs ، ونطاطات الأوراق . وقد أجريت عديد من برامج التربية لمقاومة المن فى عديد من المحاصيل ، منها : النجيليات ، والصيلبيات ، والذرة، والبطاطس ، وبنجر السكر . كما أجريت كذلك دراسات على التربية لمقاومة الجاسيدز Jassids ، ونطاطات الأوراق فى عديد من المحاصيل ، مثل : القطن ، والأرز .

٢ - Sub class Endopterygota :

يضم أنواعا حشرية تنمو فيها الأجنحة داخل جسم الحشرة ، وتكوّن فيها الحشرات غير المكتملة النمو يرقات لا تشبه الحشرات البالغة فى الشكل أو السلوك ، ويحدث فيها الانسلاخ الكامل على ثلاث مراحل ، كما يلى :

أ – تفقس البيضة إلى يرقة نشطة عديمة الأجنحة ، يطلق عليها عادة اسم Grub ، فيما عدا فى رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera ، حيث تسمى Caterpillar .

ب – تنمو اليرقة إلى عذراء عند اكتمال نموها ، وتلك مرحلة سكون ، تتغير خلالها الحشرة من يرقة إلى حشرة كاملة . يطلق على العذارى اسم Pupa ، فيما عدا فى رتبة حرشفية الأجنحة حيث تسمى Chrysalis .

جـ – تعطى العذراء الحشرة الكاملة التى تكون مجنحة عادة ، وهى التى تتكاثر وتنتشر .

يشتمل تحت قسم Endopterygota على ١١ رتبة ، تضم عددا كبيراً من الحشرات الضارة والحشرات النافعة ، ولكن أكثر الحشرات الضارة منها تنتمى إلى أربع رتب هى :

أ – رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera (الخنافس Beetls ، والسوس (Weevils) .
ب – رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera (الفراشات Butterflies ، والـ Moths) .
جـ – رتبة غشائية الأجنحة Hymenoptera (الذباب المنشارى Sawflies) .
د – رتبة ذات الجناحين Dipera (الذباب Flies) .

وقد أجريت برامج تربية لمقاومة بعض أنواع السوس ، مثل القطن المقاوم للـ Boll Weevil . وتتوفر المقاومة للخنافس فى النجيليات ، كما فى القمح والشعير ضد خنفساء أوراق الحبوب (Oulema melanopus) التى تضع إناثها بيضا أقل عدداً على الأصناف المقاومة ، ويعيش عدد أقل من يرقاتها على تلك النباتات .

وتعمل الشعيرات الغزيرة التى توجد على أوراق وسيقان بعض النباتات على إعاقة عديد من الحشرات الحرشفية الأجنحة Lepidopterus عن وضع بيضها . ولذا .. فإن الانتخاب لزيادة كثافة تلك الشعيرات يفيد فى تقليل الضرر الذى تحدثه هذه الحشرات .

وكانت حشرة Wheat Stem Sawfly (Cephus cinctus) بالغة الخطورة فى أمريكا الشمالية ، إلى أن أنتجت الأصناف المقاومة ، ونشرت زراعتها على نطاق واسع . تتميز هذه الأصناف بأن سيقانها مصمتة Solid لا تتعرض للأضرار التى تحدثها يرقة الحشرة بالحزم الوعائية ، كما يحدث فى الأصناف القابلة للإصابة .

وتتوفر حالات قليلة - لكنها هامة - من المقاومة ضد الذباب (رتبة ذات الجناحين) ، مثل مقاومة القمح لذبابة هسيان Hessian Fly (Mayetiola destructor) .

وتشتمل تحت رتبة Apocrita على الطرز المجنحة مثل النحل والزنابير ، وكذلك الحشرات التى فقدت أجنحتها أثناء تطورها مثل النمل . ومعظم حشرات هذه التحت رتبة نافعة ؛ حيث تفترس الحشرات الضارة ، أو تتطفل عليها ، والقليل منها ضار بالمحاصيل الزراعية . ومن أمثلة الضار منها النمل قاطع الأوراق Leaf Cutter Ants . تُحدث هذه الحشرة أضراراً كبيرة فى أمريكا الجنوبية حيث تعيش على أجزاء الأوراق التى تقطعها من النباتات ، وتحملها إلى جحورها لتنمو عليها الفطريات التى تتغذى هى بدورها عليها . وهى تكافح برش الأوراق بالمبيدات الفطرية المناسبة ؛ فلا تنمو عليها الفطريات ، فيموت النمل جوعا . ويعتقد أنه من الصعب التربية لمقاومة حشرة كهذه (عن Russell ١٩٨٧) .

نبذة تاريخية

كان أول صنف تنسب إليه صفة المقاومة للحشرات هو صنف التفاح Winter Majetin الذى وصف فى عام ١٨٣١ بمقاومته للمن الصوفى Wooly Aphid (Eriosoma lanigerum) ، وكانت أولى الملاحظات المفصلة عن مقاومة القمح لذبابة هسيان (Mayetiola destructor) فى كاليفورنيا خلال الفترة من ١٨٨٦ إلى ١٨٩٢ .

وكانت أصناف العنب المقاومة لحشرة الفللوكسيرا Phylloxera (Phylloxera vitifoliae) قد صُدرت من الولايات المتحدة إلى فرنسا بعد فترة قصيرة من وصول الحشرة ذاتها إلى فرنسا - من أمريكا الشمالية - حوالى عام ١٨٦٥ . وفى خلال عشر سنوات أمكن مقاومة الحشرة بصورة جيدة بتطعيم الأعناب الفرنسية على الأعناب الأمريكية المقاومة (عن Jenkins ١٩٨١ ، وTingey١٩٨١) .

هذا .. ويمكن الرجوع إلى Vavilov(١٩٥١) بشأن مصادر المقاومة للحشرات فى النباتات التى كانت معروفة قبل عام ١٩٣٥ .

التقدم فى التربية لمقاومة الحشرات والاكاروسات

بينما لم تحظ الفاكهة بجهد كبير فى مجال التربية لمقاومة الحشرات ، فقد نالت

المحاصيل الحقلية قسطاً وافراً ومبكراً من الاهتمام فى هذا المجال . أما محاصيل الخضر فقد كانت وسطاً بينهما . ونظراً لأن معظم الأمثلة التى جاء ذكرها فى الأجزاء الأخرى من هذا الفصل هى لمحاصيل حقلية ، لذا .. فإننا نركز كل اهتمامنا فى هذا الجزء على محاولة التعرف على التقدم فى جهود التربية لمقاومة الحشرات فى محاصيل الخضر .

يعتقد أن التأخير فى إنتاج أصناف من الخضر مقاومة للحشرات كان مرده إلى مايلى:

١ – توفر عديد من المبيدات الحشرية الفعالة .

٢ – عدم اشتراك علماء الحشرات مع مربى الخضر فى جهود التربية لإنتاج أصناف مقاومة كما حدث بالنسبة للتربية لمقاومة الأمراض .

٣ – صعوبة تداول كائنين متقدمين – هما النبات والحشرة – فى آن واحد .

وكما أسلفنا فإن صنف البطاطس سيكويا Sequoia هو صنف الخضر الوحيد الذى أنتج – حتى عام ١٩٧٠ – وكانت مقاومة الحشرات إحدى صفاته الهامة ، حيث كان مقاوماً لكل من الخنفساء البرغوثية ونطاطات الأوراق . (عن Stoner ١٩٧٠) . إلا أن جهود التربية لمقاومة الحشرات والأكاروسات فى الخضر كانت سريعة ومتلاحقة بعد ذلك ، حيث أنتجت – على سبيل المثال – السلالات والأصناف المقاومة التالية (عن Tingey ١٩٨٠ ، و Schwarts & Hamel ١٩٨٠) .

المحصول	الصنف أو السلالة	الحشرات والأكاروسات التى تقاومها
اللوبيا	CR 17 - 1-13 CR - 13 - 1 CR 22 - 2 - 21	Cowpea Curculio
البطاطا	W - 13 & W- 178 Jewel	عديد من حشرات التربة Flee Beetles
الطماطم	Kewalo	العنكبوت الأحمر
اللفت	Charlestowne Roots	من اللفت

هذا .. وتتوفر مصادر طبيعية لمقاومة عديد من الحشرات والأكاروسات فى كثير من محاصيل الخضر كما يلى (عن Stoner ١٩٧٠) .

المحصول	الحشرات التى تتوفر مصادر لمقاومتها
البطاطس	من البطاطس ، ومن الخوخ الأخضر ، ونطاط أوراق البطاطس ، وخنفساء البطاطس البرغوثية ، وخنفساء كلورادو ، والدودة السلكية .
الطماطم	الدروسوفيلا ، والعنكبوت الأحمر ، ونافقات الأوراق ، ومن البطاطس ، وخنفساء الدخان البرغوثية ، والذبابة البيضاء .
الذرةالسكرية	دودة كيزان الذرة ، وحفار ساق الذرة الأوروبية .
الصليبيات	من الكرنب ، والفراشة ذات الظهر الماسى ، والخنفساء البرغوثية المخططة ، ومن الخوخ الأخضر .
الفاصوليا	خنفساء الفاصوليا المكسيكية ، ونطاطات الأوراق ، وتربس الفاصوليا .
فاصوليا الليما	نطاط أوراق البطاطس .
البسلة	من البسلة .
البصل	تربس البصل .
القرعيات	خنفساء الخيار المخططة ، وخنفساء الخيار المنقطة ، وحفار ساق الكوسة .
الخس	من جذور الخس .

ويعطى (Radcliffe & Lauer ١٩٦٦) نتائج تقييم عدد كبير من أنواع الجنس Solanum – التى تكوّن درنات – لمقاومة كل من من البطاطس ، ومن الخوخ الأخضر.

وقد أوضح حصر لجهود التربية لمقاومة الحشرات أنه خلال الفترة من ١٩٦٦ – ١٩٧٧ نشر أكثر من ١٥٠ بحثا فى أمريكا الشمالية تناولت مختلف جوانب الموضوع فى ٢٣

محصولا من الخضر مقابل ٥٠ بحثا على الفاكهة شملت تسعة أنواع محصولية فقط . أما المحاصيل الحقلية فتوجد فيها برامج نشطة للتربية لمقاومة الحشرات فى كل من البرسيم الحجازى ، و الفول السودانى ، و فول الصويا ، و القطن ، و الأرز ، و القمح ، و الشوفان ، و الشعير ، و الشيلم ، و ذرة المكانس (السورجم) ، وقصب السكر (Jenkins ١٩٨١) .

وجدير بالذكر أنه أنتج حتى عام ١٩٧٢ أكثر من ١٠٠ صنف مقاوم لأكثر من ٢٥ نوعا من الحشرات فى عدد من المحاصيل الحقلية أهمها : البرسيم الحجازى ، والشعير ، والأرز، والفاصوليا ، والسورجم ، والقمح ، وقصب السكر (Tingey١٩٨١) .

التقييم للمقاومة

يتعين على المربى الذى يقوم بالتربية لمقاومة الحشرات - أو الأكاروسات - أن يكون ملما بالحقائق التالية :

١ - دورة حياة الآفة بالتفصيل ، ليمكن التخطيط لإكثار الحشرة لإجراء اختبارات المقاومة .

٢ - بيولوجى وسلوك الآفة ، ليمكن التمييز بين المقاومة الوراثية وحالات الإفلات من الإصابة .

٣ - طريقة التغذية ، ليمكن تفهم ميكانيكية ، أو طبيعة المقاومة .

٤ - كيفية إحداث الحشرة للأضرار بالنبات ، لأنه قد تتوفر جينات مختلفة تمنع حدوث أنواع مختلفة من الأضرار .

ويتعين عند إجراء اختبارات المقاومة أخذ الأمور التالية فى الحسبان :

١ - اختيار الكثافة المناسبة من الآفة لإجراء اختبارات التقييم ، و هى التى تعطى أكبر قدر من التفريق بين النباتات المقاومة والنباتات القابلة للإصابة . فيجب ألا تقل كثافة الحشرات عن حد معين ، وإلا لن يمكن التعرف على عديد من التراكيب الوراثية القابلة للإصابة ، وكما يجب ألا تزيد عن حد معين ، و إلا لن يمكن التعرف على بعض التراكيب التى قد تكون مقاومة بدرجة جيدة فى الظروف الطبيعية . كما يجب أن يبقى مستوى كثافة

الحشرة ثابتا من اختبار لآخر .

٢ - تزداد فى اختبارات التقييم الأولية فرصة العثور على مصدر للمقاومة كلما ازداد عدد السلالات والأصناف المختبرة . ولذا .. يجب فى تلك المرحلة زيادة أعداد الأصناف المختبرة حتى لو كان ذلك على حساب التضحية بجزء من دقة الاختبار . أما فى الاختبارات التالية ، و أثناء برنامج التربية فلابد من مراعاة الدقة التامة فى اختبارات التقييم للمقاومة ، ليمكن التعرف على التراكيب الوراثية المقاومة فى الأجيال الانعزالية .

٣ - يفضل إجراء اختبار المقاومة فى عدة مناطق متباينة ، لأن ذلك يحقق ثلاث مزايا ؛ هى :

أ - إجراء الاختبارتحت ظروف بيئية مختلفة .

ب - احتمال تعرض النباتات لسلالات مختلفة من الآفة .

جـ - قيام أفراد مختلفين بتسجيل نتائج التقييم ، فيقل بذلك أثر العامل الشخصى (عن Painter ١٩٥١) .

اختبارات التقييم الحقلية بدون عدوى صناعية

تجرى عديد من اختبارات التقييم للآفات فى الحقول المكشوفة دون أية عدوى صناعية ، وتتوقف إمكانات نجاح ذلك على توفر الآفة المعينة بصورة وبائية . فعلى سبيل المثال .. أمكن فى المملكة المتحدة تقييم ٢٠٠٠ صنف من التفاح (تشكل الـ UK National Fruit Trials) لمقاومة الحشرات خلال موسم واحد تم خلاله إيقاف برنامج المكافحة العادى بالمبيدات . وبرغم أن الغرض من إيقاف برنامج المكافحة كان تقدير مدى الضرر الذى يحدث لكل صنف من جراء الإصابات الحشرية ، إلا أن هذه التجربة أدت إلى اكتشاف حالات المقاومة التالية :

- أربعة عشر صنفا ذات مقاومة عالية جدا لمن التفاح الوردى Sappaphis mali .
- ثلاثة أصناف منيعة لمن التفاح الأخضر Aphis pomi .
- عديد من الأصناف المقاومة لحشرة Psylla mali (الـ Apple Sucker) .
- عديد من الأصناف المقاومة لحشرة Hoplocampa testudinea (الـ Apple sawfly)..

هذا .. وتتميز هذه الطريقة بسهولتها مع إمكان تقييم أعداد كبيرة من الأصناف ، و لكن يجب إجراء الاختبار فى المناطق والمواسم التى تشتد فيها الإصابة بالآفة ، كما تفضل زراعة نباتات شديدة القابلية للإصابة بين خطوط النباتات التى يراد تقييمها . ويعيب على هذه الطريقة أن نتائجها لاتكون دقيقة بالقدر الكافى ، و لكنها تفيد - على أية حال - فى التعرف على مصادر أولية للمقاومة يمكن اختبارها بطرق أكثر دقة بعد ذلك .

- اختبارات التقييم الحقلية مع العدوى الصناعية

يمكن تحفيز الإصابة تحت ظروف الحقل بإحداث عدوى صناعية محدودة يمكن أن تنتشر منها الإصابة فى باقى الحقل . ويمكن تحقيق ذلك بإحدى الطرق التالية :

١ - نثر أجزاء من أوراق مصابة على النباتات فى الحقل ، حيث تنتقل الآفة منها - بمجرد ذبولها - إلى النباتات التى يراد اختبارها ، و تفيد هذه الطريقة - خاصة -فى اختبارات المقاومة للمن .

٢ - وضع نباتات كاملة مصابة بشدة بالآفة المعنية فى أماكن متفرقة من الحقل ، حيث تنتقل الآفة منها - بمجرد ذبولها - إلى النباتات التى يراد اختبارها بطريقة أقرب ما تكون إلى العدوى الطبيعية .

٣ - زراعة خطوط من صنف قابل للإصابة بين خطوط النباتات التى يراد اختبارها ، مع عدوى نباتات هذا الصنف صناعيا .

٤ - زراعة خطوط من أحد الأنواع الشديدة القابلية للإصابة بالآفة المعنية - مبكرا - بين خطوط النباتات التى يراد اختبارها ، لكى تتوفر أعداد كبيرة من الآفة فى وقت مبكر من موسم النمو .

٥ - يتم فى حالة ثاقبات الذرة تربية الحشرة فى المعمل ودفعها لوضع البيض ، ثم تنقل كتل البيض إلى النباتات النامية فى الحقل ، وبذا ..تكون العدوى متجانسة وتجرى فى الوقت المرغوب . ولكن يجب عند اتباع هذه الطريقة استخدام أعداد كبيرة من الآفة تمثل العشائر الطبيعية منها ، على ألا تتسبب تربيتها المعملية فى أى تغيير فى سلوكياتها المتعلقة بالتغذية .

٦ – يمكن بالنسبة لآفات التربة تخصيص أحد الحقول لإجراء اختبارات التقييم بعدواه صناعيا فى البداية ، ثم المحافظة على استمرار تواجد الآفة فيه بزراعته من موسم لآخر بأحد الأصناف الشديدة القابلية للإصابة بتلك الآفة .

التقييم فى البيوت المحمية مع العدوى الصناعية

تسمح اختبارات البيوت المحمية بإجراء التقييم فى أى وقت ، وعلى أى مستوى من الإصابة يكون مرغوبا فيه . وإذا أجرى الاختبار فى طور البادرة فإنه يكون فى الإمكان تقييم أعداد كبيرة من النباتات .

ويتم فى اختبارات البيوت المحمية نقل الآفة إلى الصوبة لكى تتكاثر بداخلها ، أو قد يعدى كل نبات فيها بعدد معين من الحشرات .

وفى جميع الأحوال فإن اختبارات الصوبة والحقل تعد مكملة لبعضها ؛ حيث يلزم غالبا تكرار اختبارات الصوبة فى الحقل ؛ للتأكد من المقاومة تحت الظروف الطبيعية (عن Painter ١٩٥١، و Russell ١٩٧٨) .

بعض العوامل المؤثرة فى المقاومة

العوامل البيئية

إن لمختلف العوامل البيئية تأثيرات متنوعة فى مقاومة الآفات كما يلى :

١ – درجة الحرارة :

وجد – على سبيل المثال – أن درجة الحرارة المنخفضة التى تتعرض لها النباتات – قبل تعرضها للآفة – تؤدى إلى فقد مقاومة البرسيم الحجازى لمن البرسيم الحجازى المبقع Therioaphis maculata ، ومن البسلة ، وكذلك فقد مقاومة الذرة الرفيعة لحشرة Schizaphis graminum (الـ Greenbug) ؛ كما يفقد القمح مقاومته لحشرة الـ Hessian Fly فى درجات الحرارة الأعلى من ١٨°م .

٢ – شدة الإضاءة :

تبين أن ضعف الإضاءة يفقد بعض أصناف القمح مقاومتها لحشرة

Wheat Stem Sawfly ، كما وجد أن التظليل يفقد بنجر السكر والبطاطس مقاومتهما لحشرتي من الخوخ الأخضر Myzus persicae ، وخنفساء كلورادو Leptinotarsa decemlieata على التوالي . وقد وجد في حالة البطاطس أن التظليل يؤدى إلى خفض محتوى النموات الخضرية من الجليكوسيدات الاستيرودية Steroidal Glycosides التي تعرف بتأثيرها الضار على حشرة خنفساء كلورادو .

٣ – خصوبة التربة :

أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن البرسيم الحجازى يفقد مقاومته لخنفساء البرسيم الحجازى المبقعة عند ارتفاع مستوى الآزوت والمغنيسيوم ، مع انخفاض مستوى البوتاسيوم والكالسيوم (Tingey ١٩٨١) . ومن المعروف أن نقص التسميد الآزوتى أو الفوسفاتى ، و زيادة التسميد البوتاسى يحد من النشاط الحشرى على النباتات.

ويستفاد مما تقدم ضرورة إجراء اختبارات التقييم للمقاومة فى ظروف بيئية متباينة حتى لاتنتخب نباتات تعتمد مقاومتها على توفر ظروف خاصة ، ولا تظهر فيما عداها . وأفضل وسيلة لتحقيق ذلك هى أن تعرض النباتات لظروف بيئية مماثلة للظروف التى تتعرض لها النباتات فى الطبيعة ؛ من حيث درجة الحرارة السائدة ، و التباين بين درجتى حرارة الليل والنهار ، و شدة الإضاءة ، و الرطوبة النسبية ، و خصوبة التربة ... إلخ .

ويلاحظ أن اختبار النباتات داخل أقفاص خاصة عازلة cages يؤدى حتما إلى خفض الإضاءة التى تتعرض لها ، و هو ما يلزم تجنبه . ولمزيد من التفاصيل عن تأثير العوامل البيئية على المقاومة ... يراجع Tingey & Singh (١٩٨٠) .

منظمات النمو

وجد أن المعاملة ببعض منظمات النمو مثل حامض الجبريلليك ، و الـ SADH ، والسيكوسل CCC لها تأثيرات مثبطة على النشاط الحشرى فى بعض النباتات . فمثلا .. أدت المعاملة بالـ CCC إلى الحد من نشاط وتكاثر من الكرنب Brevicoryne brassicae ومن الخوخ الأخضر Myzus persicae على الكرنب بروكسل ، ومَنّ الفاصوليا Aphis

fabae على الفول الرومى (عن Tingey ١٩٨١)

وراثة المقاومة

يمكن أن تكون وراثة المقاومة للحشرات والأكاروسات على أية صورة من الصور التى سبقت دراستها بالنسبة لمقاومة الأمراض ، فهى قد تكون بسيطة ، أو كمية ، أو oligogenic (أى يتحكم فيها عدد قليل من الجينات الرئيسية) ، وقد تكون جينات المقاومة سائدة ، أو متنحية ، أو ذات تأثير إضافى .

ويتحكم - أحيانا - جين واحد فى مركب ما - يعد مادة أولية Precourser - لتمثيل سلسلة من المركبات الأخرى التى قد يكون بعضها مسئولا عن مقاومة الآفة . وفى حالات كهذه .. قد تكون المقاومة بسيطة (إذا تحكم جين واحد فى تمثيل المادة الأولية) ، ولكنها تظهر فى عدة صور . كذلك قد يتحكم جين آخر فى تمثيل مركب ثان يعمل بدورة كمادة أولية لتمثيل سلسلة المركبات التى قد تتشابه أو تختلف مع مركبات السلسلة الأولى . وبذا .. يمكن أن يتحكم فى المقاومة زوجان من الجينات غير الأليلية اللذان قد يكونان مسئولين عن نظامين مختلفين أو نظام واحد للمقاومة .

ويبين جدول (١٠ - ١ ؛ تحت موضوع السلالات الفيسولوجية) وراثة المقاومة لعدد من الحشرات فى بعض المحاصيل الاقتصادية الهامة ، و علاقة ذلك بظهور السلالات الفسيولوجية من الحشرات . ومن الأمثلة الأخرى للمقاومة البسيطة للحشرات ما يلى (عن Gallun & Kush ١٩٨٠) :

المحصول	الحشرة		وراثة المقاومة
القاوون	من القاوون	Aphis gosypii	بسيطة وسائدة (الجين Ag)
الكوسة	خنفساء الخيار	Acalymma vittatum	كمية والجينات ذات تأثير إضافى
الكوسة	(squah bug)	Anasa tristis	كمية وسائدة جزئيا
القاوون	خنفساء القرع العسلى الحمراء	Aulacophora foveicollis	بسيطة وسائدة (الجين Af)

السلالات الفسيولوجية وعلاقتها بوراثة وطبيعة المقاومة

السلالات الفسيولوجية

لم تواجه المربى مشاكل تذكر تتعلق بظهور سلالات فسيولوجية جديدة من الحشرات أو الأكاروسات قادرة على كسر المقاومة لتلك الآفات ، ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ – تقل فرصة ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة من الحشرات والأكاروسات مقارنة بالأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية ؛ نظراً لأن أعداد الحشرات فى الحقول المصابة بها تكون أقل كثيراً من أعداد مسببات الأمراض التى يمكن أن توجد فى الحقول المصابة بالأمراض ، ولايمكن أن تقارن بها مهما كانت شدة الإصابة بالحشرات .

٢ – ليس من السهل أن تظهر سلالات جديدة من الحشرات قادرة على كسر المقاومة التى تعتمد على صفات مورفولوجية معينة . فمثلا .. قد ترجع المقاومة إلى وجود شعيرات كثيفة على سطح الأوراق تعوق بعض الحشرات عن وضع بيضها على الأوراق والسيقان ، وتؤخر تطور اليرقات ، وتشل حركتها ، وتلك كلها صفات تحتاج إلى تغيرات تطورية كثيرة فى الحشرة ليمكنها التغلب عليها .

وجدير بالذكر أن ظهور سلالات فسيولوجية جديدة من الحشرات القادرة على كسر المقاومة لايجب أن يثبط من عزيمة المربى ، حيث يستدل من الخبرات السابقة فى هذا المجال أن هذه السلالات لا تقلل من أهمية المقاومة قبل مرور عدة سنوات من ظهورها ، كما يندر أن يحدث كسر تام للمقاومة فى مناطق شاسعة من المحصول المزروع بالصنف المقاوم .

ويبين جدول (١٠ – ١) عدد السلالات المعروفة من عدد من الآفات الحشرية الهامة .

جدول (١٠ – ١) : عدد السلالات المعروفة من عدد من الآفات الحشرية الهامة (عن Van Emden ١٩٨٧) .

المحصول	الحشرة	عدد السلالات المعروفة منها
البرسيم الحجازى والبسلة	Acyrthosiphon pisum (من البسلة)	٧
التفاح	Dysaphis devecta (من التفاح الوردى)	٣
الراسبرى	Amphorahora rubi (من الـ rubus)	٤
الأرز	Nilaparvata lugens (نطاط النبات النبى)	٤
العنب	Phylloxera vitifoliae (فيللوكسيرا العنب)	٢
الذرة والسورجم	Phopalosiphum maidis (من أوراق الذرة)	٥
القمح والسورجم	Schizaphis graminum (Greenbug)	٣
البرسيم الحجازى	Therioahis maculata (من البرسيم الحجازى المبقع)	٩
القمح	Mayetiola destructor (ذبابة هسيان)	٩
اللوبيا	Aphis craccivora (من الفول السودانى)	٢
كرنب بروكسل	Brevicoryne brassicae (من الكرنب)	٧

وفى المقابل .. فإنه تعرف حالات كثيرة ظلت فيها المقاومة ثابتة لسنوات عديدة ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ – مقاومة العنب لحشرة الفيللوكسيرا Phylloxera vitifolia .

٢ – مقاومة التفاح لمنّ التفاح الصوفى Eriosoma lanigerum.

٣ – مقاومة القطن للجاسيد .

٤ – مقاومة الأرز لنطاط الأوراق الأخضر .

علاقة وراثة المقاومة بظهور السلالات الجديدة

لقد ظهرت سلالات جديدة من الحشرات فى بعض حالات المقاومة البسيطة والمركبة على حد سواء ، ولكن ظهورها كان بمعدلات أعلى فى حالات المقاومة البسيطة (جدول ١٠–٢) .

ومن أمثلة المقاومة المركبة التى ظهرت فيها سلالات فسيولوجية جديدة ، مقاومة نبات الـrape (لفت الزيت) لمن الكرنب فى إنجلترا ونيوزيلندة .

جدول (١٠ - ٢) : العلاقة بين وراثة المقاومة للحشرات فى النباتات وظهور السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة (عن Russell ١٩٧٨) .

المحصول	الحشرة	وراثة المقاومة	وجود السلالات
القمح	Hessian fly	كمية - خمسة جينات سائدة وخمسة متنحية	توجد *
	Green bugs	بسيطة ومتنحية مع وجود جينات محورة	توجد *
	stem sawfly	كمية - جينات سائدة ومتنحية	لاتوجد
	خنفساء أوراق الحبوب	كمية	لا توجد
الشعير	Green bugs	زوجان من الجينات السائدة	توجد
القطن	دودة اللوز	غير معروفة	لا توجد
	الجاسيد	بسيطة وسائدة مع وجود جينات محورة	لا توجد
		كمية	توجد
البرسيم الحجازى	المن المبقع	جين سائد وآخر متنح	توجد
	من البسلة	كمية	لا توجد
الأرز	ثاقبات الساق	بسيطة وسائدة مع وجود جينات محورة متنحية	توجد *
	نطاطات النباتات	بسيطة وسائدة	توجد *
	نطاطات الأوراق	جين واحد سائد أو أكثر ، أوستيوبلازمية(أ)	لا توجد
الذرة	ثاقبات الساق الأوروبية	كمية	لا توجد
	دودة كيزان الذرة	كمية سائدة وإضافية التأثير	؟
	من الأوراق	كمية	توجد
الصليبيات	من الكرنب	ستيوبلازمية	لا توجد
الخس	من الجذور	بسيطة وسائدة	توجد *
التفاح	المن الصوفى	بسيطة وسائدة	توجد
الراسبرى	من الـ Rubus		

* تتضمن سلالات قادرة على كسر المقاومة

(أ) أدى الاعتماد على سيتوبلازم تكساس Texas Cytoplasm العقيم الذكر إلى زيادة الإصابة بثاقبات الذرة الأوروبية Ostrinia nubilalis .

هذا .. إلا أن كثيرا من السلالات المشار إليها فى جدول (١٠-٢) ليست سلالات حقيقية قادرة على كسر المقاومة ؛ لأنها تختلف عن بعضها البعض فى صفات مثل : الحجم، وقوة النمو ، وبعض الصفات المورفولوجية ، وتفضيلها الغذاء على نوع نباتى معين .

وبرغم كثرة حالات المقاومة البسيطة التى ظهرت فيها سلالات فسيولوجية جديدة ، إلا أنه توجد حالات أخرى من المقاومة البسيطة التى ظلت ثابتة لفترات طويلة حتى مع انتشار زراعة الأصناف المقاومة على نطاق واسع . ومن أبرز الأمثلة على ذلك أصناف القمح المقاومة للجاسيد ، وأصناف الحبوب الصغيرة المقاومة لخنفساء الأوراق .

وترجع الزيادة فى معدلات ظهور السلالات فى حالات المقاومة البسيطة إلى عدم حاجة الحشرة إلى أن يحدث بها تغيرات وراثية كثيرة ليمكنها التغلب على تلك المقاومة . ومع زراعة الصنف على نطاق واسع .. تزداد الفرصة أمام السلالة الجديدة لتتكاثر وتنتشر ، وقد تقضى على المقاومة فى سنوات قليلة كما حدث بالنسبة لمقاومة نطاطات الأوراق فى الأرز . وبالمقارنة .. فإن المقاومة الكمية أو الأفقية أكثر ثباتاً ؛ لأنها تكون فعالة ضد جميع سلالات الحشرة - بنفس الدرجة - كما فى حالات المقاومة الأفقية للأمراض (عن Gallun & Kush ١٩٨٠) .

وجدير بالذكر أن السلالات الجديدة للآفة تتغلب على نظام مقاومة العائل ، وليس على جينات المقاومة ذاتها . ويتأثر مدى ثبات المقاومة بعدد ونظم المقاومة للحشرة بدرجة أكبر من تأثرها بعدد الجينات المسئولة عن المقاومة ، وهو ما يعنى الاهتمام بإدخال عدة نظم للمقاومة فى آن واحد . ولكن .. نجد غالبا أن المقاومة الـOligogenic ، والكمية تتحكم فى أكثر من نظام Mechanism للمقاومة ؛ الأمر الذى يجعل من الصعب على الآفة أن تتغلب على عديد من طرز المقاومة فى آن واحد ، فلا تظهر منها سلالات جديدة قادرة على كسر المقاومة .

وبرغم أهمية المقاومة الكمية فى ثبات المقاومة ، فإن المقاومة البسيطة هى الأكثر استخداماً فى برامج التربية . ويرجع ذلك إلى وضوح الاختلافات بين النباتات المقاومة والقابلة للإصابة فى حالات المقاومة البسيطة ؛ مما يسّهل الانتخاب لصفة المقاومة ، كما أنها تنعزل بنسب متوقعة ، ويمكن إدخال الجين المسئول عن المقاومة فى أى صنف بسهولة .

علاقة طبيعة المقاومة بظهور السلالات الجديدة

كما سبق أن أوضحنا .. فإن كثيرا من حالات المقاومة التى ترجع إلى أسباب مورفولوجية تبدو ثابتة بدرجة كبيرة . فمثلا .. لم تظهر سلالات جديدة قادرة على إصابة أصناف القمح ذات السيقان المصمته المقاومة لحشرة الـ Sawfly ، أو أصناف الحبوب الصغيرة ذات الشعيرات الكثيفة المقاومة لخنفساء أوراق الحبوب ، أو أصناف القطن الغزيرة الشعيرات المقاومة للجاسيد .

كذلك يرتبط وجود مركبات معينة فى بعض النباتات بالمقاومة الثابتة للحشرات ؛ فعلى سبيل المثال .. ترتبط المقاومة لعدة حشرات بالمحتوى المرتفع من الصبغة البولى فينولية Gossypol فى القطن ، ويرتبط التركيز المرتفع لمادة 2,4- dihdroxy - 7 - methoxy - 2 H - 1,4- benzoxazin - 3- (4H) - one (اختصاراً : DIMBOA) فى الذرة بالمقاومة لحفار ساق الذرة الأوروبى كما يتضح من جدول .(١٠ – ٣) .

جدول (١٠–٣) : العلاقة بين طبيعة المقاومة للحشرات وظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة القادرة على كسر المقاومة .

طبيعة المقاومة	المحصول	الحشرة	وجود السلالات القادرة على كسر المقاومة
وجود شعيرات كثيفة بالأوراق	الحبوب	خنفساء الأوراق	–
		الجاسيد	–
		حفارات الساق	–
السيقان المصمتة	القمح	ذبابة الساق المنشارية	–
المحتوى المرتفع من السيلكا	الأرز	حفار الساق	+
نقص عناصر غذائية	الأرز	نطاطات النبات	–
مضادات حيوية كيميائية :			
Gossypol	القطن	عدة حشرات	–
Saponins	البرسيم الحجازى	المن	–
Benzyl Alcohol	الحبوب	Greenbugs	+
BIMBOA	الذرة	حفارات ساق الذرة الأوروبى	–
عوامل غير معروفة	القمح	ذبابة هسيان	+
	الراسبرى	المن	+
	الصليبيات	المن	+

(+) : توجد السلالات ، و (–) : لاتوجد السلالات .

تطبيق نظرية الجين للجين على المقاومة للحشرات

تعرف سلالات من حشرة ذبابة هسيان Hessian Fly أكثر مما يعرف من أية حشرة أخرى تصيب النباتات ، كما أنها أكثر الحشرات التى درست فيها وراثة الضراوة ، وطبقت عليها نظرية الجين للجين . وقد وجد أن صفة الضراوة فى هذه الحشرة يتحكم فيها خمسة جينات متنحية أعطيت الرموز a ، وk ، وm ، وs ، وt ، كما عرفت ثمان سلالات للحشرة (أعطيت الرموز GP ، وA ، وB ، وC ، وD ، وE ، وF ، و G) تختلف فى التركيب الوراثى لجينات الضراوة فيها حسب قدرتها ، أو عدم قدرتها على إصابة خمسة أصناف من القمح، كما هو مبين فى جدول (١٠ – ٤)

جدول (١٠–٤) : التركيب الوراثى الخاص بالضراوة لثمانى سلالات من ذبابة هسيان وعلاقة ذلك بقدرتها ، أو عدم قدرتها على إصابة خمسة أصناف من القمح .

صنف القمح					
Abe	Knox 62	Monon	Seneca	Turkey	السلالة
A-	K-	M-	S-	tt	GP
A-	K-	M-	s s	tt	A
A-	K-	mm	s s	tt	B
A-	kk	M-	s s	tt	C
A-	kk	mm	s s	tt	D
A-	K-	mm	S-	tt	E
A-	kk	M-	S-	tt	F
A-	kk	mm	S-	tt	G

أخذت رموز جينات الضراوة فى الحشرة من الحرف الأول فى اسم كلٍ من أصناف القمح الخمسة المفرّقة ، علما بأن الموقع الجينى المتنحى الأصيل يعنى قدرة الحشرة على إصابة الصنف الذى يختص به هذا الجين . فمثلا .. نجد أن جميع سلالات الحشرة تكون قادرة على إصابة الصنف Turkey الذى لا يحمل أى جينات للمقاومة ، وجميعها تحمل

الجين t بحالة متنحية أصيلة . وفى المقابل .. نجد أن جميع سلالات الحشرة غير قادرة على إصابة الصنف Abe؛ لأن أيا منها لا تحمل الجين A بحالة متنحية أصيلة ، وهو جين الضراوة اللازم توفره فى الحشرة لكسر مقاومة الصنف Abe . هذا .. بينما تكون كل واحدة من السلالات الأخرى قادرة على إصابة بعض أصناف القمح الخمسة ، وغير قادرة على إصابة بعضها الآخر حسب تركيبها الوراثى .

فمثلا .. نجد أن سلالة الحشرة GP غير قادرة على إصابة أى من أصناف القمح Seneca ، أو Monon ، أو Knox 62 ؛ لأنها لاتحمل جينات الضراوة التى تمكنها من إصابة هذه الأصناف بحالة متنحية أصيلة ، هذا بينما نجد السلالة A قادرة على إصابة الصنف Seneca ؛ لأنها تحمل جين الضراوة الذى يجعلها قادرة على إصابة هذا الصنف وهو الجين ss بحالة متنحية أصيلة . ويلخص جدول (١٠ - ٥) حالة المقاومة أو القابلية للإصابة فى أصناف القمح الخمسة لسلالات الحشرة الثمانى .

ولمزيد من التفاصيل عن وراثة المقاومة للآفات فى النباتات .. يراجع Gallun & Kush (١٩٨٠) .

جدول (١٠ - ٥) : استخدام الأصناف المفرقة Differential Varieties من القمح للتمييز بين سلالات حشرة ذبابة هسيان(أ) .

أصناف القمح وجينات المقاومة	سلالات الحشرة وجينات الضراوة التى تحملها(ب)							
	GP (لاتوجد)	A (s)	B (s,m)	C (s,k	D (s,m,k)	E (m)	F (k)	G (m,k)
Turkey (لا توجد)	S	S	S	S	S	S	S	S
Seneca (H7&H8)	R	S	S	S	S	R	R	R
Monon (H3)	R	R	S	R	S	S	R	S
Knox 62 (H6)	R	R	R	S	S	R	S	S
Abe (H5)	R	R	R	R	R	R	R	R

(أ) S = قابل للإصابة (Susceptible) ، و R = مقاوم (Resistant)

(ب) الحروف الكبيرة ترمز إلى سلالات الحشرة ، والحروف الصغيرة خاصة بجينات الضراوة التى تحملها كل من هذه السلالات بحالة متنحية أصيلة ؛ فمثلا ... تحمل السلالة D جينات الضراوة s ، و m ، و k بحالة متنحية أصيلة ، أى إن تركيبها الوراثى : ss mm kk.

طبيعة المقاومة للحشرات والاكاروسات

قسم Painter (١٩٥١) طبيعة المقاومة للحشرات إلى ثلاثة طرز رئيسية ، وهى كما يلى:

١ – عدم تفضيل الحشرة التغذية على النبات Non - preference .. وهى الحالات التى تكون فيها النباتات غير جذابة ، أو غير مناسبة لأن تستعمرها الحشرة ، أو تضع بيضها عليها .

٢ – التضادية الحيوية Antibiosis .. وهى الحالات التى يتأثر فيها تطور وتكاثر الحشرة عند تغذيتها على النبات .

٣ – القدرة على التحمل Tolerance .. وهى الحالات التى يمكن فيها للنبات تحمل الإصابة بالحشرة دون أن يضار كثيرا من جراء ذلك .

ويضيف Russell (١٩٧٨) إلى ذلك طرازا رابعا هو تجنب الإصابة Pest Avoidancce ، وهى الحالة التى تفلت فيها النباتات من الإصابة بالآفة برغم قابليتها للإصابة بها ، ويضرب على ذلك مثالا بأصناف التفاح التى لا تصاب بعديد من الأنواع الحشرية لأن براعمها لا تتفتح إلا بعد الفترة التى يكون فيها تعداد الحشرة قد بلغ أقصاه . هذا .. إلا أن Painter (١٩٥١) وضع هذه الحالة ضمن ما أسماه بالمقاومة الكاذبة Pseudoresistance التى قسمها إلى ثلاثة طرز كما يلى :

١ – تجنب الإصابة Host Evasion ، أو Host Avoidance .. و هى ظاهرة الإفلات من الإصابة لعدم وجود الحشرة بأعداد كافية عندما يكون النبات فى مرحلة النمو المناسبة للإصابة ، ويرجع ذلك إلى أسباب وراثية خاصة بالصنف ذاته .

٢ – الإفلات من الإصابة Escape .. وهو الأمر الذى يحدث عند الزراعة فى المواعيد التى لا تتواجد فيها الحشرة بأعداد كافية . وهى ليست صفة وراثية .

٣ – المقاومة المستحثة Induced Resistance .. وهى الحالات التى يكتسب فيها النبات مقاومة للحشرات نتيجة تعرضة لظروف بيئية خاصة .

وجدير بالذكر أن المقاومة للحشرات أو الأكاروسات قد تكون تامة أو جزئية ، ولايجب

إهمال النوع الثانى فى غياب المقاومة التامة للحشرة ، لأن المقاومة الجزئية قد تغنى عن الرش بالمبيدات ، و تفيد فى مكافحة الآفة إذا وجدت بأعداد قليلة . إلا أن المقاومة الجزئية لا تفيد إذا وجدت الآفة بأعداد كبيرة ، أو إذا أصابت الجزء المستعمل فى الغذاء .

حالتا عدم تفضيل الحشرة التغذية على النبات والتضادية الحيوية

يكون النبات عائلاً غير مفضل Non - Preferred Host لحشرة ما عندما يتمتع بصفة وراثية لاتحفز تغذية الحشرة أو وضع بيضها عليه ، أو استعمارها له . وقد اقترح استعمال المصطلح عدم القبول Non - Acceptance بدلاً من عدم التفضيل Non - Pre-fernce ؛ لأن المصطلح الأول يصف الحالة بصورة أكثر دقة ؛ حيث لاتقبل الحشرة التغذية على النبات المقاوم ، حتى إن لم تتوفر نباتات أخرى مناسبة لها بالقرب منه ، أى إن الحشرة لاتفضل عائلا على آخر ، ولكنها لاتقبل التغذية أساسا على الصنف المقاوم . كما اقترح آخرون استخدام مصطلح Antixenosis كبديل لمصطلح Non - Preference ؛ لأن الأخير يصف حالة الآفة ، بينما يصف الأول حالة النباتات التى تتجنبها الآفات أثناء بحثها عن غذائها ، أو مكان لوضع بيضها . وبالرغم من ذلك فإن مصطلح عدم التفضيل Non Preferencee مازال هو الأكثر شيوعاً .

ومن أمثلة حالات عدم التفضيل ما يلى :

١ - تكون حالة عدم التفضيل فى أصناف الراسبرى المقاوم لمن الراسبرى Amphorophora idaei قوية جدا لدرجة أن المن يتحرك بسرعة كبيرة على النباتات المقاومة .

٢ - فى البنجر المقاوم للمن .. لاتتحرك الحشرة على النبات ، ولكنها تكون ضَجِرة ومتململة restless ، وتكون تغذيتها لفترات قصيرة مقارنة بفترات تغذيتها على النباتات القابلة للإصابة ؛ ويترتب على ذلك ضعف تكاثر المن على النباتات المقاومة مقارنة بتكاثره على النباتات القابلة للإصابة .

وتوصف المقاومة فى المثالين السابقين بأنها مقاومة لاستقرار المن على النبات .

وتكاثرها . وتأخذ التضادية الحيوية فى النباتات عدة أشكال ، منها ما يرجع إلى أسباب مورفولوجية ، ومنها يرجع إلى أسباب كيميائية .

وتوجد معظم العوامل المسئولة عن المقاومة فى العائل قبل حدوث الإصابة بالآفة ، ونادراً ما تنشأ المقاومة نتيجة لحدوث تفاعل بين العائل والآفة ، مثلما يحدث فى عديد من حالات المقاومة للأمراض .

ومن حالات التفاعل القليلة المعروفة التحلل الموضعى الذى تحدثه بعض الحشرات الثاقبة الماصة ، والذى قد يؤدى إلى منع – أو إلى خفض – استمرار تغذية الآفة . ويعد ذلك من حالات فرط الحساسية ، وهى توجد فى أصناف التفاح المقاومة للمن الصوفى Eriosoma lanigerum ، وكذلك الأصناف المقاومة لمن التفاح الوردى Dysahis plantaginea.

ويكون من الصعب أحياناً التفريق بين حالتى عدم التفضيل والتضادية الحيوية ؛ لأن نفس آلية المقاومة غالباً ، ما تؤثر فى كل من درجة تفضيل الحشرة للتغذية على عائل معين وفى نموها وتكاثرها بعد تغذيتها عليه .

ولهذا السبب .. فإننا نتناول بالشرح فيما يلى مختلف آليات المقاومة – المورفولوجية والفسيولوجية – المسئولة عن كل من حالتى عدم التفضيل ، والتضادية الحيوية دونما تمييز :

١ – وجود الشعيرات على الأوراق

يرتبط وجود الشعيرات (الزغب) على الأوراق بمقاومة عديد من الحشرات والأكاروسات، سواء أكان هذا الزغب لشعيرات غير غدية Non-Glandular Pubescence (جدول ١٠-٦)، أم لشعيرات غدية Glandular Pubescence (جدول ١٠-٧) (عن Tingey ١٩٨١) .

تعرف الشعيرات التى تشاهد على أوراق وسيقان النباتات باسم Trichomes ، وهى عبارة عن نموات وحيدة الخلية ، أو متعددة الخلايا تخرج من طبقة البشرة . ويعرف الزغب الذى ينشأ عن هذه الشعيرات باسم Pubescence .

جدول (١٠-٦) : أمثلة لحالات عدم تفضيل الحشرة ، أو الأكاروس للتغذية Non - preference؛ بسبب كثرة الشعيرات غير الغدية Non - glandular hairs على أوراق وسيقان النبات .

المحصول	الآفــــة	تأثيرات الشعيرات فى الآفة
القطن	(نطاط الأوراق) Empoasca Fascialis	منع وضع البيض والتغذية
	(العنكبوت الأحمر العادى) Tetranchus urticae	تقليل استقرار وتغذية الأكاروس
القمح	(خنفساء أوراق الحبوب) Oulema melanopus	تقليل وضع البـيض وزيادة نسـبـة مـوت البيض واليرقات
فول الصويا	(نطاط أوراق البطاطس) Empoasca fabae	زيادة نسبة موت البيض واليرقات .
الفاصوليا	(نطاط أوراق البطاطس) Empoasca fabae	إمساك الشعيرات المعقوفة بالحشرة .
	(من اللوبيا) Aphis craccivora	إمساك الشعيرات المعقوفة بالحشرة .
البرسيم الحجازى	(نطاط أوراق البطاطس) Emposaca fabae	منع وضع البيض والتغذية .

وبرغم أن وجود الزغب قد يجعل النبات مقاوماً بإعاقته لتغذية الحشرة ، أو وضع بيضها على النبات ، أو تعلقها به ، إلا أن النباتات الملساء Glabrous قد تكون - بدورها - أكثر مقاومة لبعض الأنواع الحشرية . ويتوقف التأثير الميكانيكى للزغب على أربع صفات رئيسية للشعيرات ؛ هى : الكثافة ، والاستقامة erectness ، والطول ، والشكل .

وعـندما تتصل الـشعيرات بغـدد خاصة فى قاعدتها فإنها تعرف حينئذ بالشـعيرات الغـدية . وتقـوم هذه الغدد بإفـراز مـركبـات خـاصـة منهـا : الألكـوليـدات Alkaloides ، والتربينات Terpenes، وهى مركبات سامة قد تقتل الحشرة بالملامسة ، أو تعمل كطارد لها . وفى بعض الأنواع النباتية تكون هذه الإفرازات لزجة لدرجة أنها تعمل على لصق أرجل الحشرة بالنبات وتشل حركتها .

ونستعرض فيما يلى نتائج بعض الدراسات التى أجريت على علاقة الشعيرات بنوعيها- الغدية وغير الغدية - بمقاومة الآفات :

جدول (١٠-٧) : أمثلة لحالات عدم تفضيل الحشرة ، أو الأكاروس للتغذية Non - Preference ؛ بسبب كثرة الشعيرات الغدية Glandular Hairs على أوراق وسقان النبات .

النوع النباتى	الآفــة	تأثيرات الشعيرات فى الآفة
Solanum berthaultii	Myzus persica (من الخوخ الأخضر)	الإمساك بالآفة وشل حركتها
S. polyadenium	Macrosiphum euphorbiae (من البطاطس)	الإمساك بالآفة وشل حركتها
S. tarijense	Leptinotarsa decemlineata (خنفساء كلورادو)	الإمساك بالآفة وشل حركتها
	Tetranychus urticae (العنكبوت الأحمر العادى)	
S. berthaultii	Empoasca fabae (نطاط أوراق البطاطس)	الإمساك بالحشرة ومنع تغذيتها وشل حركتها
S . polyadenium	Macrosiphum euphorbiae (من البطاطس)	الإمساكبالحشرة
Lycopersicon spp.	Macrosiphum euphorbiae (من البطاطس)	الإمساكبالحشرة
	Tetranychus urticae(العنكبوت الأحمر العادى)	الإمساك بالأكاروس مع تأثير
	T. cinnabarinus	طارد وتسمم بالملامسة
	(ذبابة البيوت المحمية البيضاء)	
	Trialeurodes vaporariorum	الإمساكبالحشرة
Nicotiana spp.	Myzus persicae (من الخوخ الأخضر)	الإمساكبالحشرة
	Manduca sexta (Tobacco hornworm)	الإمساكبالحشرة
	Tetranychus urticae (العنكبوت الأحمر العادى)	الإمســاكبالأكــاروسوإحــداث تسمم بالملامسة .

أ - الشعيرات غير الغدية :

(١) يتحدد مدى تأثير الشعيرات على نطاطات الأوراق بطريقة تغذيتها . فالأنواع التى تتغذى من اللحاء أو الخشب يتعين عليها أن تصل بالقليم Stylet إلى عمق كبير فى النسيج النباتى ؛ وبذاء .. فإن مجرد وجود شعيرات قصيرة قد يعيق تغذيتها . وبالمقارنة .. فإن الأنواع التى تتــغــذى على طبــقــة النســيج الوسـطى mesophyll لاتتــأثر تغذيتها بهذه الشعيرات .

(٢) يمكن أن يؤثر الزغب فى عملية هضم الغذاء فى اليرقات والحشرات الكاملة ؛ ففى خنفساء أوراق الحبوب Oulema melanopa التى تصيب القمح يتعين على اليرقة أن تأكل

الشعيرات لكى تصل إلى طبقة البشرة ، ويعنى ذلك ضرورة التهام اليرقة لكمية كبيرة من السليوز واللجنين ، وهما المكونان الرئيسيان للشعيرات ؛ ويؤدى ذلك إلى موت اليرقات الصغيرة ؛ نتيجة لعدم توازن الغذاء الذى يتشكل أساساً من مواد ليفية . كما وجد أن وزن اليرقات يتناسب عكسيا مع كثافة الشعيرات . هذا بالإضافة إلى أن اليرقات التى تتغذى على أصناف القمح ذات الشعيرات الكثيفة سرعان ما يمتلئ جهازها الهضمى بالشعيرات غير المهضومة التى يخترق بعضها جدر القناة الهضمية .

وقد حصل على نتائج مشابهة لذلك فى الفول ؛ حيث وجدت علاقة مماثلة بين الزغب ومقاومة الفول لخنفساء الفاصوليا المكسيكية Epilachna varivestis.

(٣) يؤثر الزغب كذلك فى وضع البيض ، ولكن طبيعة التأثير تختلف حسب الحشرة والعائل . فمثلا .. تكون سلالات القطن ذات الأوراق الزغبية أكثر صلاحية لوضع البيض من السلالات ذات الأوراق الملساء بالنسبة لحشرتى Heliothis zea و H. virescens ، بينما نجد فى القمح أن الزغب يقلل بشدة من قدرة خنفساء أوراق الحبوب على وضع بيضها على الأوراق .

(٤) يختلف تأثير الزغب – فى المحصول الواحد – على مختلف الحشرات التى تصيبه . فمثلا .. نجد كما أسلفنا أن سلالات القطن ذات الأوراق الملساء أكثر مقاومة للـ Heliothis spp. ، بينما نجد أن نفس سلالات القطن – وبسبب نفس الخاصية – تكون أكثر قابلية للإصابة بكل من دودة ورق القطن Spodoptera littoralis ، ودودة اللوز Anthonomus grandis . إلا أن المقاومة لدودة اللوز التى يسببها وجود الزغب لا تكون فعالة عند تواجد الحشرة بكثافة عالية .

كذلك يتواجد نطاط أوراق القطن Pseudatomoscelis seriatus على أصناف القطن الزغبية الأوراق بدرجة أكبر منه على الأصناف الملساء الأوراق ، برغم أن الأصناف الملساء تكون أكثر قدرة على تحمل الإصابة .

(٥) قد تشل الشعيرات حركة بعض الحشرات التى تقف عليها ، فمثلا .. توجد فى بعض أصناف الفاصوليا شعيرات معقوفة hooked تشل تماماً حركة بعض الحشرات ذات

الأجسام الطرية مثل المن .

ب – الشعيرات الغدية :

أجريت معظم الدراسات عن تأثير الشعيرات الغدية على مقاومة الحشرات فى العائلة الباذنجانية . ويتباين تأثير إفرازات الغدد المتصلة بالشعيرات حسب نوع هذه الإفرازات كما يلى :

(١) تحتوى البطاطس البرية Solanum polyadenium ، و S.berthaultii ، و S. tariyense على شعيرات غدية كثيفة ، ويؤدى تمزق الجدر الخلوية لهذه الشعيرات بأى من نوعى المن : Myzus persicae ، أو Macrosiphnm euphorbiae إلى إفراز الغدد المتصلة بها لسائل رائق قابل للذوبان فى الماء ، يتحول بسرعة لدى تعرضه لأكسجين الهواء الجوى إلى مادة سوداء غير قابلة للذوبان ، تتصلب حول أرجل المن ؛ مما يؤدى إلى شل حركة الحشرة ، ثم موتها .

كذلك نجد أن الشعيرات الغدية ذات الأربعة فصوص Four-lobed التى توجد بأوراق وسيقان النوع S. polyadenium تفرز مادة لزجة تشل حركة يرقات خنفساء كولورادو Leptinotarsa decemlineata .

(٢) تفرز بعض شعيرات عديد من أنواع الجنس Nicotiana مواد ذات تأثير سام على المن ، وتتشابه أعراض التسمم مع تلك التى تحدث من جراء التسمم بالنيكوتين ، وهى : شلل الأرجل ، وفقدان التوازن ، والموت . وقد وجد أن بعض هذه الإفرازات تحتوى على نيكوتين، و anabasine ، و nornicotine .

كذلك وجد أن الإفرازات الورقية لكل من الـ Nicotiana spp. ، والـ Petunia spp. تعد سامة بالتلامس لليرقات الصغيرة لحشرة Manduca sexta .

٢ – لون الأوراق

ترجع معظم معلوماتنا عن انجذاب الحشرات نحو ألوان معينة إلى الدراسات التى أجريت على المن والتى أوضحت أن معظم أنواع المن تنجذب نحو الأوراق التى تعكس الضوء

فى مدى من ٥٠٠ – ٦٠٠ مللى ميكرون ، أى التى يتراوح لونها من الأصفر إلى الأخضر . ونجد فى معظم الحالات أن النباتات السليمة ذات اللون الأخضر القاتم تكون أقل جاذبية للحشرات من النباتات التى بدأت أوراقها فى الاصفرار . ومن الأمثلة المعروفة لحالات عدم التفضيل التى ترجع إلى اللون ما يلى :

أ – تكون نباتات القطن الحمراء اللون أقل جاذبية لحشرة Authonomus gradis من النباتات الخضراء إذا وجدا معاً .

ب – تكون نباتات الكرنب بروكسل الحمراء اللون أقل جاذبية لدودة الكرنب Pieris rapae من الأصناف الخضراء اللون .

جـ – تؤثر شدة الضوء المنعكس من أوراق الكرنب على توجه من الكرنب Brevicoryne brassiae ، حيث يكون الكرنب الأحمر أقل جاذبية للحشرة .

د – تكون أصناف الشوفان ذات الخلفات الحمراء وقواعد السيقان الزغبية أقل إصابة بحشرة Ocinella frit (الـfrit fly) من الأصناف الأخرى .

هـ – ترجع مقاومة صنف البصل Spanish White لحشرة التربس Thrips tabaci – ولو جزئياً – إلى لون نموه الخضرى الأخضر الفاتح .

٣ – سمك الجدر الخلوية

يزداد سمك الجدر الخلوية عند ترسيب السيليلوز واللجنين بها ؛ وهو الأمر الذى يؤدى إلى زيادة صلابة الأنسجة ومقاومتها للتمزق ، أو لمحاولات الحشرة لاختراقها أو لوضع بيضها فيها ومن أمثلة هذه الحالات ما يلى :

أ – وجد ارتباط بين صلابة أوراق الكيل والكرنب بروكسل ، وبين كمية النموات الخضرية التى تستهلكها خنفساء المسترد Phaedon cochleariae .

ب – وجد أن زيادة سمك جدر قرون اللوبيا تحد من اختراق حشرة Chalcodermus aeneus (الـ Cowpea curculio) للقرون .

جـ - يؤثر سمك الأوراق وصلابة الأنسجة الوعائية فى الإصابة بالجاسيد فى القطن .

٤ - طبقة الشمع السطحية المغطية للأوراق

تتباين استجابة الأنواع الحشرية لطبقة الشمع المغطية للأوراق . فمثلا .. تعد أوراق البروكولى الشمعية العادية أكثر مقاومة لخنفساء الكرنب البرغوثية Phyllotreta albionica من الطفرات ذات الأوراق اللامعة glossy . وبالمقارنة .. نجد أن حشرتى من الكرنب Brevicoryne brassicae ، والذبابة البيضاء Aleurodes brassicae تتكاثران بشدة على الأصناف الشمعية العادية من الكيل ، لكنهما لايستعمران النباتات غير الشمعية .

٥ - تركيز بعض المعادن فى أديم البشرة

تترسب السيليكا فى جدر خلايا البشرة فى عديد من النباتات ، خاصة فى النجيليات ، والنخيليات . كما توجد ترسبات لكربونات الكالسيوم فى صورة cytoliths فى نموات الجدر الخلوية لخلايا البشرة فى نباتات أخرى .

وقد تبين أن أصناف الأرز المقاومة لحشرة حفار ساق الأرز Chilo suppressalis يزيد فيها تركيز السيليكا بالأوراق إلى درجة تؤدى إلى تآكل أجزاء فم الحشرة . كذلك لوحظت زيادة شدة الإصابة بالحشرة عند زراعة القمح فى الأراضى الفقيرة فى السيليكون عنه فى الأراضى الغنية به . كما وجد ارتباط بين مقاومة الشيلم لحشرة Oscinella frit (الـ frit fly) وبين محتواه من السيليكا .

٦ - الساق المصمته والمواصفات الأخرى للساق

من أمثلة التباينات فى صفات الساق التى ترتبط بالمقاومة للآفات ما يلى :

أ - تقاوم أصناف القمح ذى السيقان المصمته حشرة Cephus cinctus (الـ Wheat Stem Sawfly) لعدم استطاعة نسبة كبيرة من بيض هذه الحشرة الفقس فى الأنسجة الوعائية لتلك الأصناف ، كما تضعف حركة اليرقات فيها .

ب - فى الجنس Cucurbita .. تعد السلالات ذات السيقان المتخشبة الصلبة التى تتميز بحزمها الوعائية المندمجة الصلبة المصدر الرئيسى لمقاومة حشرة Melittia cucurbita

(الـ Squash Vine Borer) ؛ حيث تعيق هذه الحزم الوعائية اختراق اليرقة للساق وتغذيتها عليه .

جـ - تمنع طبقة القشرة السمكية فى سيقان النوع Lycopersicon hirsutum حشرة من البطاطس Macrosiphum euphorbiae من الوصول إلى الحزم الوعائية للنبات .

٧ - الحواجز التى توجد فى طريق الإصابة

من أبرز الأمثلة على ذلك ارتباط المقاومة لدودة كيزان الذرة Heliothis zea فى الذرة السكرية بأغلفة الكوز الطويلة والسميكة مع تكدس الشرّابة فى قمة الكوز .

٨ - المركبات الطاردة للآفات

تعد بعض المركبات الكيميائية التى توجد طبيعياً فى النباتات طاردة للحشرات والأكاروسات ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ - بعض الزيوت العطرية التى توجد فى أصناف الطماطم المقاومة للعنكبوت الأحمر .

ب - يعيق أيون النترات - فى صورة نترات الأمونيوم - تغذية حشرة Sitona cylindricallis فى البرسيم الحلو sweet clover .

جـ - تعمل مركبات الـ Saponins التى توجد فى جذور بعض أصناف البرسيم الحجازى عى إعاقة تغذية حشرة Costelytra zealandica (الـ grass grub) .

٩ - غياب محفزات التغذية

تستجيب الحشرات لمختلف محفزات التغذية فى اختيار عوائلها ، ويؤدى غياب هذه المحفزات إلى حالة عدم التفضيل ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ - ترجع مقاومة صنف الأرز Mudgo لنطاطات النبات البنية إلى محتواه المنخفض من الحامض الأمينى aspargine الذى يعمل كمخضر لتغذية هذه الحشرة .

ب - ترجع مقاومة بعض الصليبيات لمن الكرنب إلى محتوى أوراقها المنخفض من مركب الـ sinigrin الذى يحدد انتخاب الحشرة لعائلها .

جـ – تتجنب حشرة Sitonia cylindricallis لمركب الكيومارين Coumarin الذى يعد أحد مكونات عائلها الرئيسى .Melilotus spp (عن Russell ١٩٧٨، و Norris & Kogan ١٩٨٠ ، و Van Emden ١٩٨٧) .

١٠ – المقاومة (التضادية الحيوية) التى ترجع إلى أسباب كيميائية

من أمثلة ذلك ما يلى :

أ – تعد إفرازات الشعيرات الغدية لعديد من الباذنجانيات (خاصة الأجناس Lycopersicon ، و Solanum ، و Nicotiana) سامة لعديد من الحشرات والأكاروسات . كذلك تثبط إفرازات شعيرات أوراق النوع Medicago disciformis نمو حشرة Hypera postica (الـ alfalfa weevil) عندما يكون تركيز هذه الإفرازات منخفضا ، بينما تقتلها عندما يكون تركيزها مرتفعا .

ب – اكتشفت ثلاثة مركبات ذات علاقة بمقاومة الذرة لحفار ساق الذرة الأوربى ، كما وجد أن الاختلافات بين الأصناف فى مركب واحد – على الأقل – من هذه المركبات يمكن استخدامها كدليل للانتخاب لمقاومة حشرة Ostrinia nubilalis .

جـ – ترتبط مقاومة القطن لعديد من الحشرات بالمحتوى النباتى المرتفع من مركب الـ gossypol .

د – ترتبط مقاومة القمح والشعير لحشرة الـ green bug بالتركيز المرتفع لمركب الـ benzyl alchol .

هـ – يحتوى أحد أصناف البرسيم الحجازى المقاوم للمن على تركيز مرتفع من الـ Saponins بالأوراق والسيقان .

و – تحتوى أوراق النوع L. hirsutum f. glabratum – المقاوم لعديد من الآفات ؛ منها : دودة ثمار الطماطم ، والـ carmine red spider mite – على مركب شديد السمية لهذه الآفات (عن Russell ١٩٧٨) .

ز – تلعب الكيوكربيتسينات Cucurbitacins دورا مزدوجا فى المقاومة للحشرات فى

القرعيات ، فتوجد علاقة طردية بين تركيز الكيوكربتسينات وبين القابلية للإصابة بحشرة خنفساء الخيار فى الكوسة (Sharma & Hall ١٩٧١) ، بينما توجد علاقة عكسية بالنسبة للعنكبوت الأحمر فى الخيار ، حيث تكون النباتات الخالية من الكيوكربتسينات على درجة عالية من القابلية للإصابة .

وجدير بالذكر أن هذه المركبات التى اكتشفت سميتها للآفات قد تكون ضارة أيضا للإنسان . وربما قد تصدر مستقبلا قوانين تمنع زيادة تركيز هذه المركبات عن حد معين فى غذاء الإنسان ؛ الأمر الذى يقلل من الاعتماد عليها عند اختيار مصادر المقاومة فى برامج التربية (عن Jenkins١٩٨١) .

القدرة على التحمل

فى حالات القدرة على التحمل tolerance .. لا يتأثر نمو الآفة ، أو تطفلها ، أو تكاثرها بأية صورة من الصور ، إلا أن النباتات القادرة على تحمل الإصابة لا تتأثر كثيرا من جراء ذلك ، حيث ينمو النبات بصورة طبيعية ، ويعطى محصولا أعلى مما يعطى الصنف الحساس ، إذا ما أصيب كلاهما بنفس الآفة بنفس الدرجة .

ترجع حالة القدرة على تحمل الإصابة إلى التأثير المتجمع لعديد من صفات النمو النباتى التى يصعب – غالبا – التعرف عليها . ومن أمثلة هذه الصفات : قوة النمو ، وقدرة النبات على تعويض ما فقده من نمو من جراء تغذية الآفة عليه ، و القوة الميكانيكية للأنسجة والأعضاء النباتية . و من أهم مزايا القدرة على تحمل الإصابة أنها لا تشكل أى ضغط على الحشرة لتكوين سلالات فسيولوجية جديدة .

ومن أمثلة حالات القدرة على تحمل الإصابة ما يلى :

١ – تذبل أوراق بعض أصناف بنجر السكر بصورة نهائية بسرعة كبيرة عقب إصابتها بأعداد كبيرة من حشرة المن Myzus persicae ، بينما تبقى أوراق أصناف أخرى منتصبة تحت نفس الظروف ، وهى التى تكون أكثر تحملا للإصابة .

٢ – يعانى عديد من أصناف الكرنب بروكسل قليلا من الإصابة الشديدة بمن الكرنب ، بينما تتأثر أصناف أخرى بشدة لدى إصابتها بأعداد قليلة من الحشرة .

٣ – تؤثر الـ greenbugs فى نباتات الحبوب بامتصاص عصارتها ، و بإفراز سموم بالأوراق أثناء تغذيتها عليها ، و تتأثر بعض النجيليات بدرجة أقل بهذه السموم ، ربما بسبب قلة حساسيتها لها ، أو بسبب قدرتها على تحويل تلك الإفرازات إلى مركبات أخرى غير سامة للنبات (عن Russell ١٩٧٨) .

٤ – تتغذى يرقة حشرة Diabrotica virginifera على جذور نبات الذرة مسببة أضرارا تتراوح ما بين ضعف فى قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية ، إلى ضعف التثبيت فى التربة ، و ما يتبعه من رقاد النباتات . وقد وجد أن أصناف وسلالات الذرة تختلف فى قدرتها على تكوين جذور جديدة لتحل محل الجذور المصابة . وتبين أن الأصناف القادرة على تحمل الإصابة كان نموها الجذرى – تحت ظروف الإصابة – أكبر منه تحت ظروف عدم الإصابة ، فى الوقت الذى نقص فيه النمو الجذرى للأصناف الحساسة – تحت ظروف الإصابة – بمقدار ٢٠ ٪ (عن Tingey ١٩٨١) .

طبيعة المقاومة للحشرات والاكاروسات فى بعض الانواع النباتية

١ – جنس الطماطم .Lycopersicon spp :

تفرز الغدد المتصلة بالشعيرات الغدية فى بعض الأنواع التابعة للجنس Lycopersicon مواد متنوعة قد تعمل على إعاقة حركة الآفة ، و قد تكون سامة بالملامسة ، أو طاردة لها . تكسب هذه الإفرازات السلالات المنتجة لها مقاومة لكل من الآفات التالية :

Epitrix hirtipennis .

Trialeurodes vaporariorum .

Macrosiphum euphorbiae .

نوعين من الأكاروس .

وترجع مقاومة الطراز النباتى glabratum للنوع L. hirsutum – جزئياً – إلى وجود مبيدين حشريين ضمن إفرازات الطراز السادس type VI للشعيرات الغدية ، هما 2-undecanone ، و 2-tridecanone methyl ketones . أما المكونات الرئيسية المسئولة

عن المقاومة فى إفرازات الشعيرات الغدية للنوع L. hirsutum f. typicum ؛ فهى نوعان من الـ sesquiterpenes ، هما : زنجبرين zingiberene ، وجاماإيليمين gamma- ele- mene (Snyder وآخرون ١٩٨٧ ، و Weston وآخرون ١٩٨٩) ، كما لا يخلو الأمر من تأثير ميكانيكى كذلك لشعيرات الطراز الرابع على حركة الأكاروس (Good & Snyder ١٩٨٨) التى ارتبطت كثافتها بالمقاومة للأكاروس فى النوع L. hirsutum f. typicum (Weston وآخرون ١٩٨٩) .

هذا .. وقد وجد أن التركيز المرتفع لمركب 2-tridecanone فى السلالة P.I. 134417 من L. hirsutum f. glabratum يتحكم فيه ثلاثة أزواج – على الأقل – من الجينات المتنحية، و أن مقاومة حشرة Manduca sexta – فى هذه السلالة – ترتبط بالتركيز العالى لهذا المركب ، و يتحكم فيها نفس النظام الوراثى (Fery & Kenndy ١٩٨٧) .

أما النوع L. pennellii الذى يقاوم عديدا من الحشرات ، فقد وجد أن مقاومته ترجع إلى وجود إسترات سكر (sugar esters) ضمن إفرازات الطراز الرابع للشعيرات الغدية، علما بأن هذه الشعيرات لاتوجد طبيعيا فى الطماطم المزروعة وأن وجودها يورّث كصفة بسيطة سائدة يتحكم فيها زوجان من الجينات ، وأن أيا من هذين الجينين كاف لظهور الصفة (Goffreda وآخرون ١٩٩٠) .

كذلك تعد الجليكو ألكالويدات Glycoalkaloids (و هى steroidal gulcosides تحتوى على نتيروجين) – التى توجد فى جميع الأنسجة النباتية للباذنجانيات – طاردة ، أو سامة للحشرات التى تتغذى عليها ؛ فمثلا .. وجد أ ن زيادة تركيزها فى النموات الخضرية للطماطم يكون مصاحبا بزيادة فى مستوى المقاومة لحشرة Leptinotarsa decemlieata .

٢ – جنس البطاطس .Solanum spp :

تُسبب إفرازات الغدد المتصلة بالشعيرات الغدية فى عديد من أنواع البطاطس البرية شللاً لحركة عديد من الآفات الحشرية والأكاروسية ؛ منها ما يلى :

Myzus persicae
Macrosiphum euphorbiae
Leptinotarsa decemlineata

Epitrix harilana rubia
Tetranychus urticae
Empoasca faba
Epitrix cucumeris

كذلك يرتبط محتوى الجليكو ألكالويدات فى النموات الخضرية لبعض أنواع الخبس Solanum التى تكون درنات بالمقاومة لكل من :

Empoasca fabae
Leptinotarsa decemlineata

٣ – الفاصوليا :

تكسب الشعيرات المعقوفة hooked trichomes التى تبرز من خلايا بشرة الفاصوليا النباتات مقاومة لكل من الآفات التالية :

Aphis fabae
A. craccirora
Myzus persicae
Empoasca fabae

تخترق هذه الشعيرات أجسام الحشرات الصغيرة فى الأجزاء الطرية غير المتصلبة فى كل من البطن والأرجل . ويزيد مستوى المقاومة بزيادة كثافة هذه الشعيرات .

٤ – القرعيات Cucurbits :

أُرجعت المقاومة للآفات فى القرعيات إلى عدة عوامل كما يلى :

أ – تحتوى مختلف القرعيات على ١٤ نوعاً على الأقل من مركبات تعرف بالكيوكربتسينات Cucurbitacins (تعرف بأنها : Tetracyclic triterpenoides and their glycosides) . وتعمل هذه المركبات كجاذبات للتغذية بالنسبة لكل من خنافس الخيار:

Diabrotica undecimpunctata
D. balteata

Acalymma vittata

ولكنها تعد طاردة أو سامة للعنكبوت الأحمر Tetranychus urticae .

ب – تحتوى سيقان الكوسة المقاومة لحشرة Melittia cucurbitae على أنسجة ملجننة بكثافة عالية تجعلها صلبة ومتخشبة ؛ الأمر الذى يحد من دخول اليرقات وتجولها فى الساق.

جـ – تتناسب مقاومة الكوسة لحشرة Diaphania nitadalis طردياً مع محتوى الثمار والنموات الخضرية من المواد الكربوهيدراتية .

د – وجدت كذلك علاقة طردية بين مستويات الأحماض الأمينية الكلية والمقاومة لحشرة Anasa tristis .

٥ – الصليبيات Crucifers :

تحتوى نباتات العائلة الصليبية كالكرنب ؛ والقنبيط ، والفجل ، وغيرها على مجموعة غير عادية من المركبات الكبريتية تعرف باسم الجلوكوسينولات Glucosinolates. وقد تبين أن هذه المركبات جاذبة أو منشطة لعديد من حشرات الصليبيات ، مثل :

Pieris brassicae
P. rapae
Plutella maculipennis
Listroderes costirostris obliguus
Phaedon cochleariae
Brevicoryne brassicae
Phyllotreata cruciferae
P. striolata

إلا أن هذه المركبات تعد سامة لعديد من الحشرات الأخرى .

وفى الكيل .. وجد أن المقاومة لحشرة Plutella maculipennis ترتبط بتزاحم واندماج خلايا الأوراق إلى درجة إعاقة اختراق اليرقات لها .

٦ – البصل :

يحتوى البصل على مركبات كبريتية ، تعطى البصل طعمة ومذاقة المميزين ، مثل : Methyl ,a - propyl & allyl sulfides .

وتعمل خمسة من هذه المركبات على الأقل كمنشطات وجاذبات لوضع بيض حشرة Hylema antiqua .

٧ – البسلة :

ترتبط المقاومة لحشرة Acyrthosiphon pisum بالنقص فى مستوى النيتروجين الكلى، ومستوى ٢٤ حامضاً أمينياً فى النموات الخضرية للبسلة (عن Tingey ١٩٨٠) .

مصادر إضافية عن طبيعة المقاومة

لمزيد من التفاصيل عن طبيعة المقاومة للحشرات فى النباتات ..يراجع : Beck (١٩٦٥)، و Wallace & Mansell (١٩٧٦) ، و Norris & Kogan (١٩٨٠) ، و Hedin (١٩٨٣) .

مصادر إضافية عامة عن المقاومة للحشرات والاكاروسات

نذكر – كمراجع عامة – عن المقاومة للآفات فى النباتات مايلى :

المرجع	الموضوع
Painter (١٩٥١)	شامل حتى عام ١٩٥١
Painter (١٩٥٨)	مكمل للمرجع السابق حتى عام ١٩٥٨
Maxwell وآخرون(١٩٧٢)	مكمل للمرجع السابق حتى عام ١٩٧٢
Russell (١٩٧٨)	شامل
Maxwell & Jennings (١٩٨٠)	شامل
Harris (١٩٨٠)	شامل
Tingey (١٩٨٠)	محاصيل الخضر
Daubeny (١٩٨٣)	الفاكهة
Hedin (١٩٨٣)	شامل
Van Enden(١٩٨٧)	شامل

ثانياً: التربية لمقاومة الآفات الحيوانية الأخرى

بالرغم من الأضرار الكبيرة التى تحدثها القارضات للنباتات الزراعية ، فلم تجر أية محاولات لإنتاج نباتات مقاومة لها . وقد اقتصرت جهود التربية لمقاومة الآفات الحيوانية الأخرى (غير الحشرات والأكاروسات ، والنيماتودا) على المقاومة لبعض أنواع الطيور فى الذرة الشامية والذرة الرفيعة ، والمقاومة للرخويات فى البطاطس .

مقاومة الطيور

أمكن تحقيق تقدم كبير فى مجال التربية لمقاومة طيور الـ Quelea ، والشحرور Blackbird ، والزرزور Starling ، وخاصة فى محاصيل الذرة ، والذرة السكرية ، والذرة الرفيعة . ومن الصفات الهامة التى تكسب النباتات مقاومة للطيور : وجود أشواك حادة ، أو أنسجة صلبة وسميكة ، أو احتواء النبات على مواد ذات طعم غير مقبول للطائر . ولمزيد من التفاصيل عن جهود التربية التى أجريت فى هذا المجال .. يراجع Bullard & York ١٩٨٥) .

مقاومة الرخويات

يمكن أن تتأثر نباتات البطاطس بشدة بالرخويات Slugs خاصة فى الأراضى الثقيلة . وتتوفر اختلافات بين أصناف البطاطس فى قابليتها للإصابة بتلك الآفة، حيث تعد الأصناف King Edward ، و Desiree ، و Redskin ، و Maris Piper شديدة القابلية للإصابة ، بينما تعد الأصناف Stormont ، و Entrprise ، و Pentland ، و Dell ، وMajestic متوسطة المقاومة (عن Russell ١٩٧٨) .

ثالثاً: التربية لمقاومة النباتات المتطفلة

مقاومة الهالوك

تتوفر مقاومة الهالوك .Orobanche spp فى عدد من المحاصيل الزراعية ؛ منها : الفول ، والطماطم ، وبعض الصليبيات ، وعباد الشمس ، والبيقة Vetch.

ففى الفول الرومى .. أُختبرِ ٥٣ صنفاً للمقاومة لنوع الهالوك O. crenata ، ووجِدَ أن الصنف Express أكثرها مقاومة . ووجد Boorsma (١٩٨٠) اختلافات كبيرة بين أصناف الفول الرومى فى مقاومتها لنفس نوع الهالوك . كذلك أمكن تحديد جين رئيسى واحد يتحكم فى المقاومة لنوع الهالوك O. aegyptiaca ، وربما تأثرت المقاومة ببعض الجينات الأخرى المجورة (Russell ١٩٧٨) . وفى مصر .. انتخبت سلالات من صنف الفول جيزة ٤٠٢ مقاومة للهالوك (عن Parker & Wilson ١٩٨٦) .

وفى جنس الطماطم Lycopersicon spp . لا يعرف أى مصدر لمقاومة الهالوك فى نوع الطماطم L . esculentum باستثناء الصنف Pzu - 11 الذى ذكر عنه أنه مقاوم لنوع الهالوك O. aegyptiaca ، ولكن تلك المقاومة لم تظهر لدى إعادة اختبارة . هذا ... إلا أنه أمكن التعرف على عدة مصادر للقدرة على تحمل الإصابة بأنواع الهالوك O. ramosa ، و O. crenata ، و O . minor فى بعض سلالات الأنواع البرية L . hirsutum ، و L . peruvianum ، و L. pimpinellifolium ، و L . esculentantum var. cerasiforme (Hassan & Abdel - Ati ١٩٨٦ و Kasrawi & Abu - Irmaileh ١٩٨٩) .

ويزرع فى روسيا أكثر من ٦٠ مليون هكتار من عباد الشمس المقاوم للهالوك ، كما تعرف المقاومة للهالوك فى كل من لفت الزيت B. campestris ، والمسترد B. junica .

وقد وجد فى عباد الشمس أن بذور الهالوك تنبت وتخترق جذور الأصناف المقاومة بصورة طبيعية ، إلا أنه بمجرد وصول ممصات الطفيل إلى أنسجة الخشب فى النبات ، فإنها تتلجنن ويزداد سمكها بسرعة إلى درجة لا تسمح باختراق الطفيل لها ؛ مما يؤدى إلى موته لعدم استطاعته الحصول على حاجته من الغذاء .

وتعد المقاومة للهالوك فى عباد الشمس من الحالات النادرة التى ظهرت فيها سلالات فسيولوجية من النبات المتطفل قادرة على كسر المقاومة . وقد أمكن التعرف على ثلاث سلالات فسيولوجية من الهالوك تتطفل على هذا المحصول ، منها السلالة الأصلية ، وسلالتان أخريان كانتا قادرتين على كسر مصادر مختلفة للمقاومة .

مقاومة الستريجا

تتوفر المقاومة للنبات المتطفل .Striga spp في بعض أصناف الذرة الرفيعة التى يتميز بعضها بعدم إنتاجها لمادة معينة تحفز إنبات بذور النبات المتطفل ، بينما يتميز بعضها الآخر إما بقدرتها على منع ممصات الطفيل من اختراقها ، وإما بعدم توافقها مع الطفيل ؛ الأمر الذى يؤدى إلى ضعف نموه عليها بعد تعلقه بها (عن Russell ١٩٧٨) . كذلك اكتشفت المقاومة للنوع S. gesnerioides فى سلالتى اللوبيا Suvita-2 ، و 58-57 (عن Parker & Wilson ١٩٨٦) .

مصادر الكتاب

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٩١) . أساسيات تربية النبات . الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٦٨٢ صفحة .

Abdallah , M.M.F. and J.G.Th . Hermsen . 1971 .Concept of breeding for uniform and differential resistance and their integration . Euphytica 20 : 351 - 361 .

Abobaker , M. A ., M. A. EL- Sherif , G.A. Karaman , and S.H. Gad El - Hak. 1984 . Inheritance of resistance to root- knot nematodes Meloidogyne spp. in some cowpea cultvars . Proc.2nd Mediterranean Conference of Genetics, Cairo , pp. 1-8 .

Agrios , G.N. 198O . Escape from disease. In J.G. Horsfall and E.B. Cowling (Eds) " Plant Disease : an Advanced Treatise" ; vol.V : 17-37. Academic Pr., N.Y.

Akai, S.1959. Histology of defense in plants. In "Plant Pathology - an Advanced Treatise " by J.G. Horsfall and A.E. Dimond (Eds) . Vol. 1:391-434.Academic Pr. , N.Y.

Alexander , L.J. 1959 Progress report of national screening committee for disease resistance in tomato for 1954 - 1957. Plant Dis. Reptr. 43:55-65.

Alexander, L.J.and M.M. Hoover. 1955. Disease resistance in wild spcies of tomato. Ohio Agric. Expt. Sta. Res. Bul. 752.

Alexopoulos, C.J.and E.S.Beneke. 1962. Laboratory manual for introductory mycology. Burgess Pub. Co., Minneapolis.199 p.

Allard, R.W.1964.Principles of plant breeding. Wiley, N.Y.485 p.

Allen, P.J.1959. Physiology and biochemistry of defense .In" Plant Pathology - an Advanced. Treatise " by J.G. Horsfall and A.E. Dimond . Vol.1 : 435 - 467. Academic Pr ., N.Y.

Alon , H., I. Katan , and N. Kedar . 1971 . Factors influencing the degree of pene-

trance of resistanee to Fusarium oxysporum f. lycopersici., race 1.Report of the Tomato Genet Coop. 21: 13- 14.

Ammati, M., I.J. Thompson, and H.E. Mckinney . 1985. Retention of resistance to Meloidogyne incognita in Lycopersicon genotypes at high soil temperature. In Fresh Market Tomato Advisory Board " California. Fresh Market Tomato Research Program 1984 / 85 Annual Report " , pp . 69 - 82 . Dinuba , California .

Andrus, C.F. 1953 . Evaluation and use of disease resistance by vegetable breeders. Proc. Amer . Soc. Hort. Sci. 61: 434-446.

Bailey, J.A.1982. Mechanisms of Phytoalexin accumulation . In J.A. Bailey and J.W. Mansfield (Eds) " Phytoalexins " , pp 289 - 318 . John Wiley & Sons, N.Y.

Bailey, J.A. and J.W. Mansfield (Eds) 1982. Phytoalexins . John Wiley and Sons , N.Y.334 p .

Ball, E.M.1961. Serological tests for the identification of plant viruses. The Americon Phytopathological Society. 16 p.

Beck, S.D.1965. Resistance of plants to insects. Ann. Rev Entomology 10 : 207 - 232.

Bennett, C.W. 1967. Plant viruses : transmission by dodder . In K.Maramorosch and H.Koprowski (Eds) " Methods in Virology " Vol. I: 393 - 401. Academic Pr., N.Y.

Berry, S.Z., G.G.Madumadu, M.R.Uddin, and D.L. Coplin. 1989. Virulence studies and resistance to Clavibacter michiganensis ssp. michiganensis in tomato germplasm. HortScience 24 : 362 - 365.

Birkett, Christine. 1979. Heredity development and evolution. Macmillan Education Ltd., London. 202 p.

Bjorling, K.1966. Virus resistance problems in plant breeding. Acta Agr. Scandinavica, Suppl. 16:119 - 136.

Blaker, N.S. and J.D.Hewitt. 1987. Comparison of Seedling and mature plant resistance to Phytopthora parasitica in tomato. HortScience 22:103 - 105 .

Boorsma, A.A.1980. Variability in Vicia faba for resistance to Orobanche crenata . FAO Plant Prot. Bull. 28 (1) : 39 - 42 .

Booy, G., T.C. Wehner, and S.F. Jenkins, Jr. 1987. Resistance of cucumber lines to Rhizoctonia solani damping - off : not related to fruit rot resistance . HortScience 22 : 105 - 108 .

Bos, L.1967. Graft transmission of Plant viruses. In K.Maramorosch and H.Koprowski " Methods in Virology " Vol 1 : 403 - 410 . Academic Pr., N.Y. .

Bosland, P.W.and P.H. Williams. 1987. Sources of resistance to Fusarium oxysporum f. sp conglutinans, race 2. HortScience 22:669 - 670.

Bosland, P.W., P.H. Williams, and R.H.Morrison. 1988. Influence of soil temperature on the expression of yellows and wilt of crucifers by Fusarium oxysporum. Plant Dis. 72:777 - 780.

Briggs, F.N. and P.F.Knowles. 1967. Introducion to plant breeding. Reinhold Pub. CO., N.Y. 426 p.

Browning, J.A.and K.J.Frey. 1969. Multiline cultivars as a means of disease control. Ann . Rev. Phytopath . 7 : 355 - 382 .

Buddenhagen, I.W.1981.Conceptual and practical considerations when breeding for tolerance or resistance . In R.C Staples and G.H.Toenniessen (Eds) " Plant Disease Control : Resistance and Suscebtibility " ;pp.221 - 234. John Wiley & Sons , N.Y.

Bullard, R.W. and J.O.York. 1985 . Breeding for bird resistance in sorghum and maize. In G.E. Russell (Ed.) " Progress in plant Breeding " Vol. 1: 193 - 222. Butterworth & Co., London.

Callow, J.A. and J.M. Dow . 1980. The isolation and properties of tomato mesophyll cells and their use in elicitor studies In D.S.Ingram and J.P.Helgeson (Eds) " Tissue Culture Methods for plant Pathologists " ; pp 197 - 202. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Chada, K.C. and B.H. MacNeil, 1969. An antiviral principle from tomatoes systemically infected with tobacco mosaic virus. Can. J. Bot. 47: 513 - 518.

Clerjeau, M., H.Laterrot, H. Lecoq, and M.Pitrat.1981. Current trends in the breeding of resistant vegtable verieties. (In French) Agronomie 1:41 - 48.

Colhoun, J. 1973. Effects of environmental factors on plant disease. Ann. Rev Phytopath.11: 343 - 364.

Commonwealth Agricultural Bureaux. 1983. Plant Pathologist's pocketbook. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 439 p .

Coons G.H.1953. Breeding for resistance to disease. In United States Depentment of Agriculture " Plant Disease - the Yearbook of Agriculture " ; pp. 174 - 192. Wash., D.C.

Costa, A.S.1976. Whitel fly - transmitted plant diseases. Ann Rev . Phytopath . 14 : 429 - 449 .

Costa, C.P. Da and C.M.Jones. 1971. Cucumber beetle resistance and mite susceptibility controlled by the bitter gene in Cucmis sativus L. Science 172 : 1145 - 1146 .

Coxon, D.T.1982. Phytoalexins from other families. In J.A.Bailey and J.W.Mansfield (Eds)" Phytoalexins ; pp : 106 - 132. John Wiley & Sons, N.Y.

Coyne, D.P.and M.L.Schuster.1983. Genetics of and breeding for resistance to bacterial pothogens in vtgetable crops. HortScience 18:30 - 36.

Crill, Pat . 1977 An assessment of stabilizing selection in crop variety development . Ann . Rev. Phytopath . 15:185 - 202.

Crill, P.and J.P.Jones . 1972 . Controlling fusarium wilt of tomato with resistant varieties. Plant Dis. Reptr. 56: 695 - 699 .

Crill, J., J.P. Jones, D.S.Burgis , and J.W. Strobel . 1971. Development of multiple disease - vesistant fresh market tomato varieties adapted for machine harvest. (Abstr.) Phytopathologyy 61: 888 - 889 .

Crill, P. , J.P.Jones, and D.S.Burgis. 1973. Failure of " horizontal resistance" to control fusarium wilt of tomato . Plant Dis. Reptr. 57 : 119 - 121 .

Cruickshank, I.A.M. 1963 . Phytoalexins . Ann . Rev. Phytopath. 1: 351 - 374.

Cruickshank, I.A.M.1965 . Pisatin studies, the relation of phytoalexins to disease reaction in plants. In K.F.Baker et al (Eds) " Ecology of Soil - Borne Plant Pathogens; Prelude to Biological Control " ; pp. 325 - 336 . Univ. Calif. Press, Berkely .

Cruckshank, I.A.M.1980. Defense triggered by the invador : chemical defenses. In J.G.Horsfall and E.B Cowling (Eds) " Plant Disease : an Advanced Treatise " Vol V : 247 - 267. Academic Pr., N.Y.

Cruickshank, I.A.M. and D.R.Perrin. 1963 . Phytoalexins of the leguminosae. Phaseolin from Phaseolus vulgavis L. Life Sci . 9 : 680 - 682 .

Daly , J.M. and H.W. Knoche . 1982 . The Chemistry and biology of Pathotoxins exhibiting host - selectivity . Adv. Plant Path. 1: 83 - 138.

Darrow, G.M.1966. The Strawberry : history, breeding and physiology . Holt , Rinehart and Winston, N.Y.447 p.

Daub, M.E.1984. A cell culture approach for the development of disease resistance : studies on the phytotoxin cercosporin. HortScience 19: 382 - 387.

Daubeny, H.A.1983 . Insects, mite, and nematode resistance. In J.N. Moore and J.Janick (Eds) " Methods in Fruit Breeding " ; pp. 216 - 241 . Purdue Univ. Pr. , West Lafayette, Indiana.

Day, P.R.1974. Genetics of host - parasite interaction. S.Chard & Co. Ltd. Ram, Nagar, New Delhi. 238 p .

Dayton, D.F., R.L. Bell , and E.B. Williams. 1983. Disease resistance. In J.N.Moore and J.Janick (Eds) " Methods in Fruit Breeding " ; pp 189 - 215 . Purdue Univ . Pr., West Lafayette, Indiana.

Deverall, B.J. 1977. Defense mechanisms of plants. Cambridge Univ. Pr. , London. 110 p.

Dhingra , O.K. and J.B.Sinclair . 1985. Basic plant patholgy methods. CRC Press, Inc., Boca Raton , Florida. 355 p .

Dickson, M.H.and J.E.Hunter. 1987. Inheritance of resistancee in cabbage seedlings to black rot. HortScience 22: 108 - 109.

Dixon, G.R.1981. Vegetable crop diseases. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 404 p .

Dixon , G.R.1984 . Plant Pathogens and their control in horticulture . MacMillan , London . 253 p.

Dixon , R.A.1980. Plant tissue culture methods in the study of phytoalexin induction. In D.S. Ingram and J.P.Helgeson (Eds) " Tissue Culture Methods for Plant Pathologists "; pp 185 - 196. Blackwell Sci Pub., Oxford.

Dropkin, V.H.1980. Introduction to plant nematology. John Wiley & Sons , N.Y. 293 p.

Durbin, R.D.1981. Applications. In R.D. Durbin (Ed.) " Toxins in Plant Disease " pp. 495 - 505. Academic Pr., N.Y.

Durbin, R.D. (Ed.). 1981. Toxins in plant disease. Academic Pr., N.Y.515 p.

Earle, E.D. and V.E. Gracen. 1981. The role of protoplasts and cell cultures in plant disease research In R.C. Staples and G.H.Toenniessen (Eds) " Plant Disease Control : Resistance and Susceptibility " ; pp . 285 - 297. Wiley, N.Y.

Fassulitotis, G., J.R.Deakin and J.C. Hoffman. 1970 Root - knot nematode resistance in snap beans : breeding and nature of resistance. J.Amer.Soc. Hort. Sci. 95: 640 - 645.

Federation of British Plant Pathologists, the Terminology Sub - Committee. 1973. Aguide to the use of terms in plant pathology. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. Phytopathological Papers No. 17. 55 p.

Fehr, W.R. 1987. Principles of cultivar development: Vol.1. Theory and technique . Macmillan Pub. Co., N.Y. 536 p.

Fery, R.L. and G.G. Kennedy. 1987. Genetic analysis of 2-tridecanone concentration, leaf trichome characteristics, and tobacco hornworm resistance in tomato. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 886 - 891 .

Fletcher, J.T. 1984. Diseases of greenhouse plants. Longman, London. 351 p.

Flor, H.H. 1971. Current Status of the gene - for - gene Concept. Ann. Rev. Phytopath. 9: 275 - 296 .

Frey, K.J. 1982. Multilne breeding. In I.K. Vasil, W.R.Scowcroft, and K.J.Frey (Eds) " Plant Improvement and Somattic Cell Genetics" ; pp. 43 - 71. Academic Pr., N.Y.

Gallegly, M.E. 1968. Genetics of pathogenicity of Phytophthora infestans. Ann. Rev. Phytopath. 6 : 375 - 396..

Gallun, R.L. and G.S.Kush. 1980. Genetiic factors affecting expression and stability of resistance. In F.G.Maxwell and P.R.Jennings (Eds) " Breeding Plants Resistant to

Insects " ; pp 63 - 85.Wiley, N.Y.

Gibbs, A. and B.Harrison. 1976. Plant virology : the principles. Edward Arnold, London. 292 p.

Gilbert, J.C. and N. Mohanakumaran. 1969. High tomatine tomato breeding lines. Veg. Improv. Newsletter 11 : 6 .

Goffreda, J.C., J.C. Steffens, and M.A. Mutschler. 1990. Association of epicuticular sugars with aphid resistance in hybrids with wild tomato. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 161 - 165

Good, D.E.,Jr. and J.C. Snyder. 1988. Seasonal variation of leaves and mite resistance of Lycopersicon interspecific hybrids. HortScience 23: 891 - 894.

Goode, M.J., T.E.Morelock and J.L.Bowers. 1988. ' Fall Green ' spinach. HortScience 23 : 931 .

Goodey, J.B. 1963. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Minist. Agric., Fish. & Food, Tech. Bul. No. 2. 72 p. Her Majesty's Stationary Office, London.

Green, S.K. 1984. Guidelines for diagnostic work in plant virology. The Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, ROC. Tech. Bul. No. 15. 39 p.

Greenleaf, W.H. 1986. Pepper breeding. In M.J.Bassett (Ed.)" Breed ing Vegetable Crops " ; pp.67 - 134. Avi Pub Co., Inc., Westport, Connecticut.

Grumet, Rebecca.1990.Genetically engineered plant virus resistance. HortScience 25 : 508 - 513.

Hadisoeganda, W.W.and J.N.Sasser. 1981 Resistance of tomato, bean, southern pea and garden pea cultivars to root knot nematodes based on host suitability. Plant Dis. 66:145 - 150.

Hanna,G.C., A.G. Gentile, and K.A. Kimble. 1961 . An improved method for determining resistance to Fusarium stem rot of sweetpotatoes. Plant. Dis. Reptr: 45 : 562 - 563.

Harris, M.K. (Ed.). 1980. Biology and breeding for resistance to Arthopods and pathogens in agricultural plants. Texas Agric. Exp. Sta., College Station. 605 p.

Harrison, A.L.1960. Breeding of disease resistant tomatoes with special emphasis on resistance to nematodes . In Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Seminar " , pp 57 - 75. Camden, N.J.

Hassan, A.A. 1966 . The application of the cotyledonary method of inoculation with Corynebacterium michiganense in screening for resistance and in host range studies. M.S. thesis., N.C. State Univ. at Raleigh. 79p.

Hassan, A.A.1970. Inheritance of resistance to Fusarium solani f. phaseoli and Thelaviopsis basicola in phaseolus vulgaris L. Ph.D. thesis, Cornell Univ. 154 p.

Hassan, A.A. and K.E. Abdel - Ati.1986. Assessment of broomrape tolerance in the genus Lycopersicon. Egypt.J.Hort. 13:153 - 157 .

Hassan, A.A., D.L.Strider , and T.R.Konsler.1968. Application of cotyledonary symptoms in screening for resistance to tomato bacterial canker and in host range studies. Phytopathology 58: 233 - 239.

Hassan, A.A., D.H. Wallace, and R.E.Wilkinson. 1971a. Genetics and heritability of resistance to Fusarium solani f. phaseoli in beans. J.Amer. Soc. Hort. Sci 96 : 623 - 627 .

Hassan, A.A., R.E. Wilkinson , and D.H. Wallace. 1971b. Genetics and Heritability of resistance to Thielaviopsis basicola in beans . J.Amer. Soc . Hort. Sci. 96: 628 - 630.

Hassan, A.A., H.M. Mazyad, S.E.Moustafa, S.H.Nassar, W.L.Sims and M.K.Nakhla. 1984. Genetics and heritability of tomato yellow leaf curl virus tolerance derived form Lycopersicon pimpinellifolium. Proc 2nd Mediterranean Conf. Genet., Cairo: 383 - 398.

Hassan, A.A.,U.A.Obaji, M.S.Wafi, N.E.Quronfilah, H.H.Al - Masry, and M.A.El - Rays. 1990. Evaluation of domestic and wild Cucumis melo germplasm for resistance to the yellow stunting disorder.Egypt. J.Hort. 17 : 181 - 199.

Hassan , A.A., N.E. Quronfilah, U.A.Obaji, M.A.El - Rays, and M.S.Wafi. 1991. Evaluation of domestic and wild Citrullus germplasm for resistance to the yellow stunting disorder. Egypt J.Hort. 18 : 11 - 21.

Hassan, A.A., M.S. Wafi, N.E. Quronfilah, U.A.Obaji, M.A. El - Rays, and F.Al -

ing II " ; pp. 291 - 308. The Iowa State Univ. Pr., Ames.

Johnson, R. 1983. Genetic background of durable resistance. In F.Lamberti, J.M.Waller, and N.A.Van der Graaff (Eds) " Durable Resistance in Crops " ; pp. 5 - 24. Plenum Pr., N.Y.

Jones, A.1969. Quantitative inheritance of fusarium wilt resistance in sweetpotatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 207 - 208.

Jones, A., P.D.Dukes, and J.M.Schalk.1986. Sweet potato breeding. In M.G.Bassett (Ed.) " Breeding Vegetable Crops "; pp. 1 - 35. Avi Pub, Co., Inc., Westport, Connecticut .

Jones, H.A. and L.K. Mann. 1963. Onions and their allies. Interscience Pub. Inc., N.Y. 286 p.

Kadd, C.I. and H.O. Agrawal. (Eds) . 1972. Principles and techniques in plant virology. Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. 688 p.

Kasrawi, M.A. and B.E. Abu - Irmaileh. 1989. Resistance to branched broomrape (Orobanche ramosa) in tomato germplasm. Hortseience 24 : 822 -824.

Katsui, N., A. Murai, M. Takasugi, K. Imaizumi, and T. Masamune. 1968. The structure of Rishitin, a new antifungal compound from diseased potato tubers. Chem. Communications, 1968: 43 - 44 .

Keen, N.T. 1981. Evaluation of the role of phytoalexins. In. R.C.Staples and G.H.Toenniessen (Eds) " Plant Disease Control : Resistance and Susceptibility " ; pp. 155 - 177. John Wiley & Sons, N.Y.

Kerr, E.A. 1983. Breeding for stable resistance to disease. HortSeience 18 : 27 - 29.

Kiraly, Z.,Z. Klement, F. Solymosy, and J.Voros. 1974. Methods in plant pathology with special reference to breeding for disease resistance. Elsevier Sci. Pub. Co., London . 509 p.

Klarman, W.L.and F.Hammerschlag. 1972. Production of the phytoalexin, hydroxyphaseollin, in soybean leaves inoculated with tobacco necrosis virus. Phytopathology 62: 719 - 721 .

Klement, Z.and R.N.Goodman. 1967. The hypersensitive reaction to infection by

Izabi. 1991. Evaluation of domestic and wild Lycopersicon germplasm for tomato yellow leaf curl virus resistance. Egypt. J.Hort. 18 : 23 - 43.

Hassan, S. and P.E.Thomas. 1988. Extreme resistance to tomato yellow top virus and potato leaf roll virus in Lycopersicon peruvianum and some of its tomato hybrids. Phytopatholagy 78: 1164 - 1167.

Hedin, P.A. (Ed.). 1983 Plant resistance to insects. American Chemical Soc., Wash., D.C.373 p.

Helal, R.M.E. 1976. Genetical and physiological studies on the nature of resistance to Fusarium wilt in watermelon and related species. Ph. D. thesis, Ain Shams Univ . 56 p.

Hill, S.A. 1984. Methods in plant virology . Blackwell Scientific Pub., Oxford. 167 p.

Hooker, A.L.1967. The genetics and expression of resistance in plants to rusts of the genus Puccinia. Ann. Rev. Phytopath. 5:163 - 182.

Horsfall, J.G.and E.B.Cowling (Eds).1980. Plant disease : an advanced treatise. Vol V : How plants defend themselves. Academic Pr., N.Y. 534 p.

Iezzoni , A.F. and C.E.Peterson. 1980.Linkage of bacterial wilt resistance and sex expression in cucmber. HortScience 15 : 257 - 258.

Ilott, T.W., M.E. Durgan, and R.W.Michelmore. 1988. Genetics of virulence in California populations of Bremia lactucae (lettuce downy mildew). Phytopathology 77: 1381 - 1386.

Ingham, J.L. 1982. Phytoalexins from the Leguminosae. In J.A. Bailey and J.W.Mansfield (Eds) " Phytoalexins " ; pp.21 - 80. John Wiley & Sons, N.Y.

Inglis, D.A., D.J.Hagedorn, and R.E. Rand. 1988. Use of dry inoculation to evaluate beans for resistance to anthracnose and angular leaf spot. Plant Dis . 72: 771 - 774.

Jamwal, R.S. and P.P. Sharma. 1986 . Inheritance of resistance to black rot (Xanthomonas campestris pv. campestris) in cauliflower (Brassica oleracea var. botrytis). Euphytica 35: 941 - 943.

Jenkins, J.N. 1981. Breeding for insect resistance. In K.J. Frey (Ed.). " Plant Breed-

bacterial plant pathogens. Ann. Rev. Phytopath. 5: 17 - 44.

Knott, D.R. and J.Dovark. 1976. Alien germplasm as a source of resistance to disease. Ann. Rev. Phytopath. 14: 211 - 235.

Kooistra, E. 1971. Inheritance of fruit and skin colours in powdery mildew resistant cucumbers (Cucumis sativus L.) . Euphytica 20 : 521 - 523 .

Kochba, J. and R.M. Samish. 1971 . Effect of kinetin and 1 - naphthylacetic acid on root- knot nematodes in resistant and suscebtible peach rootstocks. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 458 - 461 .

Kosuge, T. 1969. The role of phenolics in host response to infection. Ann. Rev. Phytopath. 7 : 195- 222.

Kreitlow, K.W. 1963. Infecting seven - day - old alfalfa seedlings with with bacteria through wounded cotyledons . Phytopathology 53 : 803.

Kuc, J. 1972 . Phytoalexins . Ann .Rev. Phytopath. 10 : 207 - 232.

Kuc, J. 1982. Phytoalexins from the solanaceae. In J.A. Bailey and J.W. Mansfield (Eds) " Phytoalexins" ; pp. 81 - 105. John Wiley & Sons, N.Y.

Kuti, J.O. and T.J. Ng. 1989 . Combining ability estimates for muskmelon tolerance to Myrothecium roridum and its toxic metabolite, Roridin E. J. Amer. Soc. Hort. Sci: 114 : 319 - 321.

Laemmlen , F.F. and K.S. Mayberry. 1984. Broccoli resistance to downy mildew. Calif. Agr. 38 (11/12) : 17.

Lamberti, F., J.M.Walter and N.A.Van der Graaff (Eds). 1983. Durable resistance in crops . Plenum Pr., N.Y.454 p.

Laterrot., H. 1985. Susceptibility of the (Pto) plants to Lebaycid insecticide: a tool for breeders ? Tomato Genet. Coop. Rep. 35 : 6 .

Lelliott, R.A. and D.E. Stead . 1987 . Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants. Blackwell Sci. Pub., London. 216 p.

Leone , G. and A.E.G. Tonneijck . 1990. A rapid procedure for screening the resistance of bean cultivars (Phaseolus vulgaris L.) to Botrytis cinerea and Sclerotinia sclerotiorum . Euphytica 48: 87 - 90 .

Leppik , E.E. 1970. Gene centers of plants as sources of disease resistance . Ann . Rev. Phytopath. 8 : 323 - 344 .

Lower, R.L. and M.D. Edwards. 1986 . Cucumber breeding . In M.J. Bassett (Ed.) " Breeding Vegetable Crops " ; pp. 173 - 207 . Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Madamba, C.P., J.N. Sasser, and L.A. Nelson . 1965. Some Charac teristics of the effects of Meloidogyne spp. on unsuitable host crops . N.C. Agr. Exp. Sta. Tech . Bul . 169 . 34 p .

Manners, J.G.1982 . Principles of plant pathology. Cambridge Univ. Pr., Cambridge . 264 p.

Mansfield, J.W. 1982 . The role of Phytoalexins in disease resistance . In J.A.Bailey and J.W. Mansfield (Eds) " Phytoalexins " ; pp . John Wiley & Sons , N.Y.

Maramorosch, K. 1980. Insects and plant pathogens . In F.G.Maxwell and P.R. Jennings (Eds) " Breeding Plants Resistant to Insects " ; pp. 137 - 155 . Wiley, N.Y.

Maramorosch, K. and H. Koprowski . 1967. Methods in Virology . Vol. 1. Academic Pr., N.Y. 640 p.

Martin, J.T. 1964 . Role of cuticle in the defense against plant disease . Ann . Rev. Phytopath . 2 : 81 - 100 .

Maxwell , F.G. and P.R. Jennings (Eds) . 1980 . Breeding plants resistant to insects . Wiley , N.Y. 683 p.

Maxwell, F.G., J.N. Jenkins , and W.L. Parrott. 1972 . Resistance of plants to insects. Adv. Agron . 24 : 187 - 265 .

McKenry, M.V. and P.A.Roberts . 1985 . Phytonematology study guide . Univ. Calif , Div . Agr. Nat. Resources. Pub . 4045 . 56 p .

McLean , J.G., D. Letorneau and J.W. Guthrie . 1956 . Verticillium wilt resistance of potaoes correlated with histochemical tests for phenols . (Abstr.) . Phytopathogy 46 : 638 .

Miller , Emily . 1966 . And there was one: thirty years and the elme tree. Cornell Countryman 63 (7) : 5.

Mohammed , M.A., A.Hassan, I.I.Oksh , and R. Hilal . 1981 . Nature of resistance to Fusarium wilt in watermelon. Egypt. J.Hort. 8: 1- 21 .

Muller, K.O. 1959 . Hypersensitivity . In J.G. Horsfall and A.E. Dimond (Eds) " Plant Pathology - an Advaneed Treatise " Vol . 1: 469 - 519. Academic Pr., N.Y.

Muller , K.O. 1961. The Phytoalexin concept and its methodological significance . Recent Adv . Bot., I, 396 - 400 . Univ of Toronto Pr., Toronto .

Nazeem, H.R. 1973 . Inheritance of resistance to mosaic virus disease in tomato. Ph. D. Thesis, Ain Shams Univ. 66 p.

Nelson, R.R. (Ed.) 1973 . Breeding plants for disease resistance : concepts and applications .Penn. State Univ . Prss, University Park.

Noordam, D. 1973. Identification of plant viruses: methods & experiments. Centre for Agr . Pub. and Doc., Wageningen. 207 p. plus colored plates.

Norris, D.M. and M. Kogan. 1980 . Biochemical and morphological basis of resistance . In F.G.Maxwell and P.R. Jennings (Ed.) " Breeding Plants Resistant to Insects " ; pp . 23 - 61 . Wiley, N.Y.

Oitto, W.A., T. van der Zwet and H.J.Brooks. 1970 Rating of pear cuitivars for resistance to fire blight . HortScience 5: 474 - 476 .

Omwega, C.O., I.J. Thomason, and P.A. Roberts. 1988. A nondestructive technique for screening bean germplasm for resistance to Meloidogyne incognita. Plant Dis . 72 : 970 - 972 .

Painter, R.H. 1951 . Insect resistance in crop plants. Univ . Press of Kansas , Lawrence. 520 p.

Painter, R.H.1958. Resistance of plants to insects. Ann Rev. Ent. 3: 267 - 290 .

Parker, C. and A.K.Wilson. 1986. Parasitic weeds and their control in the Near East. FAO Plant Prot. Bul . 34 (2) : 83 - 98 .

Parlevliet , J.E. 1981 .Disease resistance in plants and its consequences for plant breeding . In K.J.Frey (Ed.) " Plant Breeding II " ; pp. 309 - 364. The Iowa State Univ Pr., Ames.

Parry , D.W. 1990 . Plant pathology in agriculture. Cambridge Univ. Pr, Cam-

bridge . 385 p.

Radcliffe, E.B. and F.I. Lauer . 1966 . A survey of aphid resistance in the tuber - bearing Solanum (Tourn.) L.species. Univ. Minn. Agr. Exp. Sta.Tech. Bul. 253. 23 p.

Rahe, J.E.1981. Lack of correlation between field and laboratory tests for resistance with special reference to white rot of onions. In R.C.Staples and G.H. Toenniessen (Eds) " Plant Disease Control : Resistance and Susceptibility " ; pp . 193 - 200 . Wiley , N.Y

Raski, D.J. and W.B Hewitt. 1967. Nematode transmission. In K. Maramorosch and H.Koprowski (Eds) "Methods in Virology " ; Vol 1 : 309 - 345. Academic Pr., N.Y.

Reifschneider, F.J., O.Furumoto and F.A.R. Filgueira . 1984. Illustratedl key for the evaluation of early blight of potataes. FAO Plant Prot. Bul. 32 (3) : 91 - 94.

Rhode, R.A. 1960. Mechanisms of resistance to plant parasitic nematodes. In J.N. Sasser and W.R.Jenkins (Eds) " Nematology: Fundamentals and Recent Advances with Emphasis on Plant Parasitic and Soil Forms " Univ. of North Carolina Pr., Chapel Hill.

Rhode, R.A.1972. Expression of resistance in plants to nematodes. Ann. Rev. Phytopath. 10: 233 - 252.

Roane, C. W. 1973. Trends in breeding for disease resistance in crops. Ann. Rev. Phytopath. 11 : 463 - 486 .

Robbins, M.L. and F.F. Angell. 1971. Tomato anthracnose: a hypodermic inoculation technque for determining genetic reaction. J. Amer. Soc. Hort. Sci: 95: 118 - 119 .

Robinson, R.A. 1969. Disease resistance terminology. Rev. Appl. Mycol. 48: 593 - 606.

Robinson, R.A. 1971. Vertical resistance. Rev. Plant Path. 50: 233 - 239.

Robinson, R.A. 1980 . The Pathosystem concept. In F.G.Maxwell and P.R. Jennings (Eds) " Breeding Plants Resistant to Insects " ; pp 157 - 181. Wiley, N.Y.

Rost, T.L., M.G. Barbour, R.M. Thornton, T.E. Weier, and C.R. Stocking. 1984. Botany. John Wiley & Sons, N.Y. 342 p.

Russell, G.E. 1972. Components of resistance to diseases in sugar - beet. In F.G.H.

Lupton, G.Jenkins, and R. Johnson (Eds) " The Way Ahead in Plant Breeding " ; pp. 99 - 107. The Plant Breeding Institute, Morris Lane, Cambridge.

Russell, G.E. 1978. Plant breeding for pest and disease resistance. Butterworths, London. 485 p .

Ryder, E.J. 1986. Lettuce breeding. In M.J. Bassett (Ed.) " Breeding Vegetable Crops " ; pp. 433 - 474. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Sasser, J.N. and M.F.Kirby. 1979. Crop Cultivars resistant to root - knot nematodes, Meloidogyne species, with information on seed soures. Dept. of Plant Path. , N.C. State Univ., Raleigh. 24 p.

Sato, N., K. Tomiyama, N.Katsui, and T.Masmune. 1968. Isolation of rishitin from tubers of interspecific potato varieties containing different late blight resistance genes. Ann . Phytopath. Soc. Japan 34 : 140 - 142.

Schaad, N.W. (Ed.) 1980. Laboratory guide for identifcation of plant pathogenic bacteria. Amer. Phytopath. Soc., St. Paul, Minnesota. 68 p.

Schafer, J.F. 1971. Tolerance to plant disease. Ann. Rev. Phytopath. 9 : 235 - 252.

Schroeder, W.T. and R. Provvidenti. 1970. Resistance to watermelon mosaic virus 2 in Pisum sativum conditioned by the gene for resistance to bean yellow mosaic virus. (Abstr.) Phytopathology 60: 1312 - 1313 .

Schwartz, P.H. and D.R.Hamel (Ed.) . 1980. Guidlines for control of insect and mite pests of foods, fibers, feeds, ornamentals, livestock, households, forests, and forest products. Agr Handbook No. 571. U.S. Dept. Agr., Wash., D.C. 796 p.

Sequeira, L. 1963 . Growth regulators in plant disease. Ann. Rev . Phytopath. 1 : 5 - 30 .

Sharma, G.C. and C.V. Hall. 1971. Cucurbitacin B and total sugar inheritance in Cucurbita pepo L. related to spotted cucumber beetle feeding. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 750 - 754.

Shay, J.R. E.B.Williams, and J. Janick. 1962 Disease resistance in apple and pear. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 80: 97 - 104.

Shepherd, R.J.1972. Transmission of viruses through seed and pollen. In C.I. Kadd

and H.O. Agrawal (Eds) " Principles and Techniques in Plant Virology " ; pp 267 - 292 . Van Nostrand Reinhold Co., N.Y.

Sidhu, G.S. and J.M. Webster. 1981. The genetics of plant - nematode parasitic systems . Bot. Rev. 47: 387 - 419.

Slykhuis, J.T. 1967. Methods for experimenting with mite transmission of plant viruses. In K. Maramorosch and H.Koprowski (Eds) "Methods in Virology " Vol. 1 : 347 - 391. Academic Pr., N.Y.

Slykhuis, J.T. 1972 . Transmission of plant viruses by Eriophyid mites. In C.I. Kadd and H.O. Agrawal (Eds) " Principles and Techniques in Plant Virology " ; pp. 204 - 225 . Van Nostrand Reinhold Co., N.Y.

Smith, K.M. 1977. (6th ed.) Plant viruses. Chapman and Hall., London . 241 p.

Snyder, J.C., D.A. Johnson, D.E. Good, and . P.A. Weston. 1987. Type VI trichome exudates from chemotypes of L. hirsutum and L. hirsutum f. glabratum. Tomato Genet. Coop Rep. 37 : 67 - 68.

Staples, R.C. and G.H. Toenniessen. (Eds). 1981 . Plant disease control : resistance and susceptibility. John Wiley & Sons, N.Y. 339 p.

Stevens, M.A. and C.M. Rick. 1986. Genetics and breeding . In J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) " The Tomato Crop " ; pp. 35 - 109. Chapman and Hall, London .

Stevenson, F.J. and H.A. Jones. 1953. Some sources of resistance in crop plants . In United States Department of Agriculture " Plant Diseases - Yearbook of Agriculture " ; pp 192 - 216. U.S. Dept. Agr., Wash., D.C.

Stoner, A.K. 1970 . Breeding for insect resistance in vegetables. HortScience 5: 76 - 79.

Swenson, K. G. 1967. Plant virus transmission by insects. In K. Maramorosch and H. Koprowski (Eds) " Methods in Virology " ; Vol 1 : 267 - 307 . Academic Pr., N. Y.

Taylor, A. L. and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root- kot nematodes (Meloidogye species) . Dept. of Plant Pathology , N. C. State University , Raleigh. 111 p.

Taylor, A. L. , J. N. Sasser , and L. A. Nelson. 1982. Relationship of climate and

soil characteristics to geographical distribution of Meloidogyne speies in agricultural soils. Dept. of Plant Pathology , N. C. State Uiversity , Raleigh. 65 p .

Taylor , C. E. 1972. Transmission of viruses by nematodes. In C. I. Kadd and H. O. Agrawal (Eds) " Principles and Techniques in Plant Virology " ; pp. 226 - 247. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y.

Teakle , D. S. 1967. Fungus transmission of plant viruses. In K. Maramorosch and H. Koprowski (Eds). " Methods in Virology " , Vol 1 : 369 - 391. Academic Pr., N. Y.

Teakle , D. S. 1972. Transmission of plant viruses by fungi. In C. I. Kadd and H. O. Agrawal (Eds) "Principles and Techniques in Plant Virology"; pp. 248 - 266. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y.

Thomas, C. E., Y. Cohen, E. L. Jourdain , and H. Eyal. 1987. Use of reaction types to identifying downy mildew resistance in muskmelons. HortScience 22 : 638 - 640 .

Thurston, H. D. 1971. Relationship of general resistance : late blight of potato. Phytopathology 61 : 620 - 626 .

Tigchelaar , E. C. and J. B. Dick. 1975. Induced resistance from simulataneous inoculation of tomato with Fusarium oxysporum Sacc. and Verti cillium albo - atrum Reinke & Berth. HortScience 10 : 623 - 624 .

Tigchelaar, E. C. and V. L. Foley. 1991. Horticultural technology : a case study . HortTechnology 1 : 7 - 16 .

Tingey, W. M. 1980. Breeding for Arthopod resistance in vegetables. In M. K. Harris (Ed.) " Biology and Breeding for Resistance to Arthopods and Pathogens in Agricultural Plants " ; pp. 495 - 504 . Texas Agr. Exp. Sta., College Station.

Tingey , W. M. 1981. The environmental control of insects using plant resistance . In D. Pimentel (Ed.) " CRC Handbook of Pest Management in Agriculture " ; Vol. I : 175 - 197 . CRC Pr., Boca Raton, Florida .

Tingey , W. M. and S. R. Singh. 1980. Environmental factors influencing the magnitude and expression of resistance . In F. G. Maxwell and P. R. Jennings (Eds) " Breding Plants Resistant to Insects " ; pp. 82 - 113 . Wiley , N. Y.

Tomiyama, K. 1963. Physiology and biochemistry of disease resistance of plants.

Ann. Rev. Phytopath. i : 295 - 324 .

Tomiyama , K. , T. Sakuma , N. Ishizaka, N.Sato, N. Katsui , M. Takasugi, and T. Masmune. 1968. A new antifungal substance isolated from resistant potato tuber tissue infected by pathogens. Phytopathology 58 : 115 - 116 .

Tu, J. C. and V. Poysa. 1990. A brushing method of inoculation for screening tomato seedlings for resistance to Septoria lycopersici . Plant Dis. 74 : 294 - 297 .

United States Department of Agriculture . 1953. Plont diseases - yearbook of Agriculture. U. S. Dept. Agr. , Wash., D. C. 940 p.

Uiversity of California. 1986. Integrated pest management for potatoes in the western United States. Div. Agr. Nat. Resources. Pub. 3316. 146 p.

Van der Plank, J. E. 1963. Plant diseases : epidemics and control. Academic Pr., N. Y. 349 p.

Van der Plank, J. E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Pr., N. Y. 206 p.

Van der Plank, J. E. 1982. Host - pathogen interactios in plant disease. Academic Pr., N. Y. 207 p.

Van der Plank , J. E. 1984. (2 nd ed.). Disease resistance in plants . Academic Pr., N. Y. 194 p.

Van Emden, H. F. 1987. Cultural methods : the plant. In A. J. Burn, T. H. Coaker, and P. C. Jepson (Eds) "Integrated Pest Managemet" , pp. 27 - 68. Academic Pr. , Lodon .

Vavilov , N. 1. 1951. The origin , variation , immunity and breeding of cultivated plants. Translated by K. S. Chester. the Ronald Pr. Co., N. Y. 364 p.

Wain , R. L. 1977. Chemical aspects of plant disease resistance . Pontificiae Academiae Scientiarvm Scripta Varia 41 : 483 - 499 .

Walker, J. C. 1941. Disease resistance in the vegeables. Bot. Rev. 7 : 458 - 506 .

Walker, J. C. 1953. Disease resistance in the vegetables II. Bot. Rev. 19:606 - 644.

Walker , J. C. 1957. Plant pathology. McGraw, N. Y. 707 p.

Walker , J. C. 1959. Progress and problems in controllig plant diseases by host re-

sistance. In C. S. Holton et al . (Eds) " Plant Pathology : Problems and Progress 1908 - 1958 " . University of Wisconsin Pr., Madison.

Walker , J. C. 1965. Use of environmental factors in screening for disease resistance. An. Rev. Phytopath. 3 : 197 - 208 .

Walker , J. C. 1965. Disease resistance in the vegetable crops. III. Bot. Rev. 31 : 331 - 380 .

Walker , J. C. 1966. The role of pest control in new varieties. In K. J. Frey (Ed.) "Plant Breeding " ; pp. 219 - 242 . Iowa State Univ. Pr., Ames.

Walker, J. C. 1966. Host resistance as it relates to root pathogens and soil microorganisms . In K. F. Baker, W. C. Snyder et al (Eds) " Ecology of Soil - Borne Plant Pathogens : Prelude to Biological Control" . University of California Pr. , Berkely .

Wallace, D. H. and R. E. Wikinson. 1965. Breeding for Fusarium root rot resistance in beans . Phytopatholgy 55 : 1227 - 1231 .

Wallace , J. W. and R. L. Mansell (Eds). 1976. Biochemical interaction between plants and insects. Plenum Pr., N. Y. 425 p.

Watson, M. A. 1972. Transmission of plant viruses by aphids. In C. I. Kadd and H. O. Agrawal (Eds). "Principles and Techniques in Plant Virology" ; pp. 131 - 167. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y.

Webb , R. E. 1955. Cotyledonary inoculation , a method for screening spinach for blight resistance. Phytopathology 45 : 635 .

Weston , P. A., D. A. Johnson, H. T. Burton, and J. C. Snyder. 1989. Trichome secretion composition, trichome densities, and spider mite resistance of ten accessions of Lycopersicon hirsutum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 492 - 498 .

Wheeler, H. E. and H. H. Luke. 1955. Mass screening for disease - resistant mutants in oats. Science 122 : 1229 .

Whitaker, T. W. 1979. The breeding of vegetable crops : high lights of the past seventy - five years. HortScience 14 : 359 - 363 .

Whitcomb, R. F. 1972. Transmission of viruses and mycoplasma by the Auchenorrhynchous Homoptera . In C. I. Kadd and H. O. Agrawal (Eds) " Principles and Tech-

niques in Plant Virology " ; pp. 168 - 203 . Van Nostrand Reinhold Co., N. Y.

Wiersema, H. T. 1972. Breeding for resistance. In J. A. de Box (Ed.) " Viruses of Potato and Seed Potato Production " ; pp. 174 - 187 . Centre for Agr. Pub. and Doc., Wageningen .

Williams , P. H. , J. C. Walker, and G. S. Pound. 1968. Hybelle and Sanibel, multiple disease - resistant F_1 hybrid cabbages. Phytopathology 58 : 791 - 796 .

Wood , R. K. S. 1967. Physiological plant pathology. Blackwell Scientific Pub. , Oxford. 570 p.

Wyatt, J. E. , G. Fassuliotis , and A. W. Johnson. 1980. Efficacy of resistance to root - knot nematode in snap beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 923 - 926 .

Yarwood , C. E. 1959. Predisposition. In J. G. Horsfall and A. E. Dimond (Eds) " Plant Pathology : an Advanced Treatise " Vol. 1 : 521 - 562. Academic Pr. , N. Y.

Yarwood , C. E. and R. W. Fulton. 1967. Mechanical transmission of plant viruses. In K. Maramorosch and H. Koprowski (Eds) "Methods in Virolgy " . Vol 1 237 - 266. Academic Pr., N. Y.

Zeck, W. M. 1971. A rating scheme for field evaluation of root - knot nematode infestations. Pflanzenschutz - Nachrichten Bayer 24 : 141 - 144.

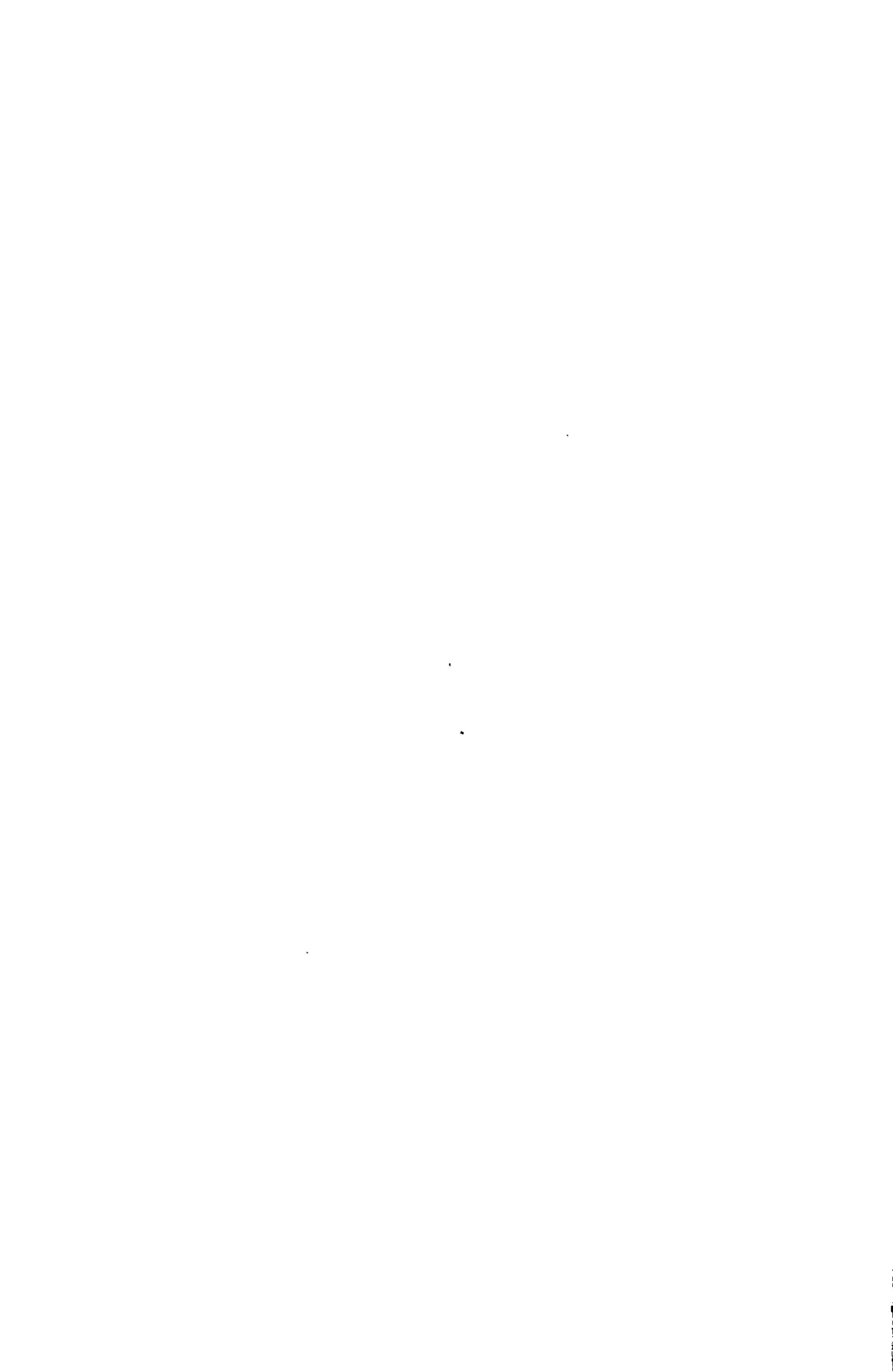
Zink , F. W. and J. E. Duffus. 1970. Linkage of turnip mosaic virus susceptibility and downy mildew, Bremia lactucae, resistance in lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 420 - 422 .

Zink, F. W. 1973. Inheritance of resistance to downy mildew (Bremia lactucae Reg.) in lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 293 - 296 .









مطابع المكتب المصرى الحديث
MODERN EGYPTIAN PRESS
ت : ٢٢١١٠٧١ - ٢٢١١٠٧٢ - فاكس ٢٢١١٠٧٣